

FACULTE DES LETTRES

T H E S E

PRESENTEE

A L'ECOLE DES GRADUES

DE L'UNIVERSITE LAVAL

POUR OBTENIR

LA MAITRISE ES ARTS (GEOGRAPHIE)

PAR

MICHEL ALLARD

LICENCIE EN LETTRES DE

L'UNIVERSITE LAVAL

LES ESKERS DE L'INTERFLUVE BELL-HARRICANA,

ABITIBI

3
MAI 1973

2



Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Mise en garde

La bibliothèque du Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue et de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue a obtenu l'autorisation de l'auteur de ce document afin de diffuser, dans un but non lucratif, une copie de son œuvre dans Depositum, site d'archives numériques, gratuit et accessible à tous.

L'auteur conserve néanmoins ses droits de propriété intellectuelle, dont son droit d'auteur, sur cette œuvre. Il est donc interdit de reproduire ou de publier en totalité ou en partie ce document sans l'autorisation de l'auteur.

AVANT-PROPOS

Je tiens à remercier tous les gens qui, de près ou de loin, m'ont aidé dans la préparation de ce travail. M. Germain Tremblay, mon directeur de thèse, m'a dirigé de façon consciencieuse et compétente en plus d'avoir collaboré à ma scolarité de maîtrise avec M. André Cailleux et Gilles Ritchot. Le service de l'exploration géologique du ministère des richesses naturelles m'a fourni l'occasion de travailler durant deux saisons sur le terrain, la première avec M. Bertrand Warren et la seconde avec mon directeur de thèse. Le Conseil national de recherches du Canada m'a fourni une aide financière qui m'a permis de consacrer toute une année scolaire à cette thèse. M. Paul Villeneuve m'a fourni une aide technique dans l'utilisation de l'analyse factorielle. J'ai été très bien secondé sur le terrain par M. Raynald Chouinard en 1971 et M. Clément Locat en 1972. Une partie des cartes en pochette ont été coloriées par mon épouse et le texte fut dactylographié par Mlle Sylvie Allard.

À tous ces gens et ces organismes, et à ceux avec qui j'ai échangé des opinions concernant mon sujet durant ces deux dernières années, je n'ai qu'un mot à dire: MERCI.

M. A.

RESUME

La région dans laquelle les eskers sont étudiés est située dans le nord-ouest québécois à environ 630 km (380 milles) au nord de Montréal et environ 250 km au SSE de la Baie de James. Pour les relevés de terrain, une clef de photo-interprétation fut mise au point de la façon suivante: en mai 72 fut effectuée une photo-interprétation à l'échelle du 1: 15 840 de l'esker de Matawami, traversant la région du nord au sud; à l'été, cette photo-interprétation fut mise à l'épreuve sur le terrain par le parcours systématique de l'esker de Matawami; de retour en laboratoire, les autres eskers de la région furent cartographiés à l'aide de la photo-interprétation. De plus, des observations sédimentologiques furent effectuées sur le terrain.

Les relevés ont démontré que trois types de formes étaient associées aux eskers abitibiens:

1- Les formes liées à la structure géologique et à la mise en place des eskers:

Ces formes sont caractérisées surtout par des élargissements de l'esker de Matagami lorsqu'il rencontre des obstacles rocheux. La principale différence observée entre l'esker de Matagami et les autres eskers de la région est que ces derniers se présentent surtout comme des successions de deltas fluvioglaciaires tandis que l'esker de Matagami présente un aspect massif et continu.

2- Les formes liées au remaniement par les vagues du lac Barlow-Ojibway:

On rencontre les escarpements lacustres les plus élevés à une altitude approximative de 369 m (1200 pieds). Au plus bas niveau lacustre, entre 323 et 338 m (1050 et 1100 pieds), les formes de remaniement lacustre consistent surtout en cordons littoraux et en flèches littorales. Entre ces deux niveaux, maximum et minimum, on observe par endroits des crêtes d'eskers déplacées et modifiées par l'action des vagues indiquant un abaissement graduel du niveau des eaux lacustres.

3- Les formes éoliennes:

Ce sont surtout des dunes de type parabolique formées pour

la plupart après le retrait des eaux du lac Barlow-Ojibway. Ces dunes se rencontrent de part et d'autres des eskers, mais principalement du côté est, dans des tourbières. Puisqu'elles sont actuellement dans des tourbières et que la tourbe repose stratigraphiquement sur les versants de ces dunes, leur formation ne peut s'être effectuée que sous climat périglaciaire avant la prise de la végétation. Le lac Barlow-Ojibway ayant duré environ 300 ans, ce climat froid date donc du Tardi-glaciaire.

Un essai de classification typologique des eskers fut ensuite effectué à partir de critères morphologiques à l'aide de l'analyse factorielle et d'un programme de "GROUPING". Les eskers furent répartis en six groupes typiques:

- 1- Le type "sandplain"; large, bas et peu remanié.
- 2- Le type "de Geer" ; caractérisé par une succession de deltas fluvioglaciaires.
- 3- Le type "retrogressive"; crêtes hautes et continues, un peu irrégulières et aux versants très remaniés.
- 4- Les segments courts qu'on ne peut caractériser.
- 5- Les eskers modifiés par le socle géologique.
- 6- Le type "strandmark"; linéaire, avec peu de bourrelets le long de la ligne de crête, et cotoyé de nombreux kettles.

Les six classes sont cartographiés en pochette.

Nous pouvons suggérer finalement les modes suivants de mise en place des eskers:

1- L'esker de Matagami;

De Val d'Or au lac Obalski, sa formation, commencée peut-être dans des tunnels sous-glaciaires, s'acheva à l'air libre dans des chenaux dans la glace. Du lac Obalski à son extrémité nord, il fut formé en majeure partie dans un tunnel sous-glaciaire.

2- Les autres eskers;

En majorité formés de successions de deltas, ils furent mis en place aux débouchés de tunnels sous-glaciaires dans les eaux du lac Barlow-Ojibway.

Le tracé de ces eskers est assez révélateur de l'aspect que devait avoir le front glaciaire en retrait. L'esker de Matagami se trouve en position interlobaire. L'un de ces deux lobes retraissait en direction de la Baie de James et l'autre vers le centre de la péninsule Québec-Labrador. La plupart des eskers de notre région, excepté bien entendu l'esker de Matagami, appartiennent à ce dernier lobe. L'allure générale du front glaciaire en retrait était concave vers le sud avec, au centre, l'esker de Matagami.

CHAPITRE I

Introduction

Sommaire:

- A) Localisation de la région étudiée: p. 2
- B) Description du relief de la région: p. 2
- C) Travaux antérieurs sur les eskers abitibiens: p.5
- D) Relevés de terrain: p.6
- E) Objectifs du présent travail: p.6

I

Introduction

A- Localisation de la région étudiée

La région étudiée se situe dans le nord-ouest québécois à environ 630 km (380 milles) au nord de Montréal et environ 250 km (150 milles) au SSE de la Baie de James. Du sud au nord, elle s'étend de 48° Lat. N. jusqu'à $49^{\circ} 30'$ Lat. N. Sa limite orientale est à $77^{\circ} 15'$ W. tandis que la rivière Harricana, correspondant à peu près à la longitude de $78^{\circ} 10'$ W., en constitue la limite occidentale.

B- Description du relief de la région:

Le relief de cette région est en général très plat.

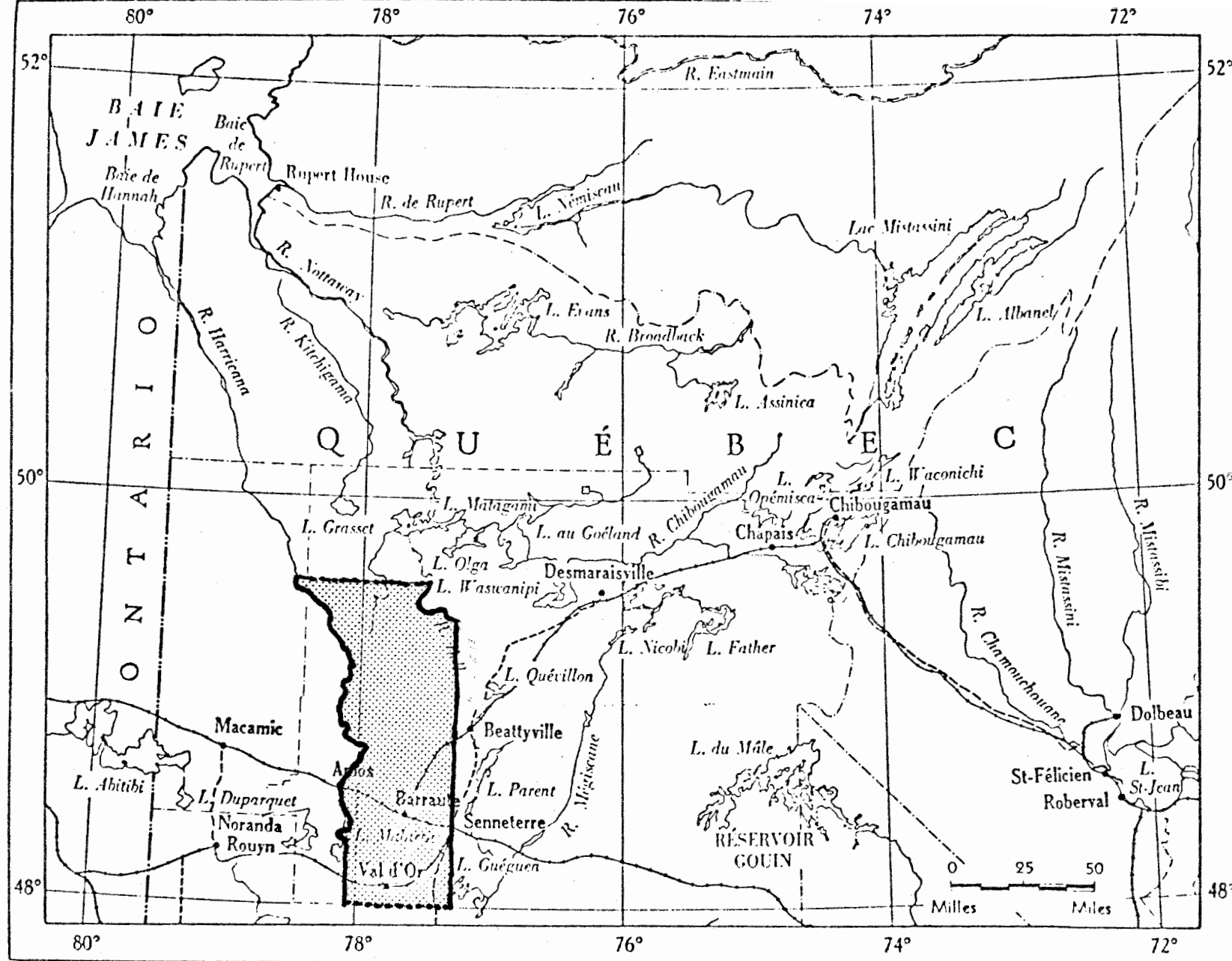


Fig. 1 Localisation de la région étudiée

La majeure partie de la surface est constituée d'une plaine d'argile formée à l'époque du lac glaciaire Barlow-Ojibway et dont l'altitude moyenne est d'environ 310 m (1000 pieds). Ces argiles, d'une épaisseur moyenne d'environ 15 m (50 pieds), masquent la plus grande partie de la roche en place et la plupart des dépôts morainiques. A l'extrémité méridionale de la région, dans les environs de Val d'Or,¹ le sol est plutôt sableux. L'altitude moyenne de 317 m (1050 pieds) dans cette partie de la région semble près de la limite supérieure de la plaine argileuse. La pente du terrain descend imperceptiblement vers le nord. A l'extrémité septentrionale de la région, aux environs du village de Joutel, l'altitude moyenne est d'environ 257 m (950 pieds), ce qui fait une pente moyenne S-N approximative de 0,36 m/km (1 pied au mille) .

Un groupe de collines rocheuses, culminant à 492 m (1625 pieds), domine la plaine argileuse et s'étend du village de Lacorne au lac Fiedmont dans le sens E-W et de Québec Lithium à Vassan dans le sens N-S. Ces buttes rocheuses font partie d'un ensemble de roches intrusives que TREMBLAY (1956) appelle "le batholite de Lacorne". Hormis cette importante zone rocheuse, les affleurements de grandes dimensions sont plutôt rares dans la région étudiée.

1- En ce qui concerne les noms de lieu qui, tout au long de la thèse, nous serviront de points de références spatiales, nous référons le lecteur à la carte au 1: 500 000 en pochette.

La plupart de ces quelques affleurements sont des bandes rocheuses de direction E-W aux environs de Val d'Or et des dykes de diabase de direction SW-NE disséminés un peu partout dans la région.

C- Travaux antérieurs sur les eskers abitibiens.

Bien qu'on connaisse les eskers abitibiens depuis le début du siècle, très peu d'auteurs leur ont accordé d'importance dans leurs travaux. Les auteurs qui étudiaient la géologie de la roche en place ont été les premiers à mentionner ces dépôts importants du mort-terrain qui les empêchait d'effectuer des études géologiques complètes. TANTON (1920) souligne la présence d'eskers entre Amos et La Sarre. Dans la région de Jemeterre, BELL et BELL (1933) mentionnent et cartographient quelques crêtes gravelo-sableuses qu'ils croient être des eskers. La première description détaillée des eskers abitibiens, accompagnée d'une carte des plus importants eskers de la région et de photographies aériennes, fut effectuée par WILSON (1938, p. 52-56). La même année, NORMAN (1938) décrit de façon précise les eskers de la région de Chibougamau, région située à l'est de la région étudiée. Selon sa description, ces eskers ont plusieurs traits communs avec ceux de l'Abitibi. Au sein même de notre région, TREMBLAY (1956) accompagne son rapport géologique d'une interprétation brève, mais intéressante, du rôle joué dans la déglaciation de la région du lac Fiedmont par l'esker de Matagami. A l'été 1969 ont débuté les travaux de WARREN en prospection alluvionnaire des sédiments d'eskers. C'est depuis notre intégration à cette équipe en 1971, puis à celle de TREMBLAY (Germain) en 1972 que nous travaillons sur les eskers abitibiens.

D- Relevés de terrain.

Les travaux de terrain se sont donc étalés sur deux saisons, soit les étés de 1971 et de 1972. La saison de 1972 a été la plus productive, l'été précédent n'ayant surtout été marqué que par une prise de contact de l'auteur avec les eskers abitibiens. Le travail de relevé fut effectué de la façon suivante: Une photo-interprétation de l'esker de Matagami, le plus gros esker de la région, fut faite au printemps de 1972. Cette photo-interprétation fut par la suite vérifiée sur le terrain afin de s'assurer de sa véracité et pour la mettre au point. En même temps, des observations sédimentologiques furent effectuées dans les gravières rencontrées. De retour en laboratoire, les autres eskers de la région furent cartographiés par photo-interprétation. A partir des documents ainsi obtenus, nous avons transféré l'information sur des cartes au 1: 50 000 qui ont par la suite servi de base à presque tous les travaux statistiques et aux interprétations.

E- Objectifs du présent travail:

Excepté les affleurements, les eskers sont pratiquement les seules autres formes assez hautes pour ne pas être ennoyées sous les dépôts lacustres. L'étude de ces formes d'accumulation fluvioglaciaire constitue le principal objectif de ce travail qui ne vise pas l'étude géomorphologique de toute cette région. Tout au long de la thèse nous nous efforçons de décrire l'esker de Matagami et le réseau abitibien dans lequel il s'insère pour essayer de dégager par la suite des

~~des~~ types variés parmi les eskers. A la fin, en nous basant sur les considérations amenées par la description et la classification des eskers, nous voyons quelques origines possibles des eskers de la région et les positions probables du front glaciaire en retrait telles que les deltas d'eskers les suggèrent.

CHAPITRE II

Caractéristiques générales de l'esker de Matagami

Sommaire:

A) Tracé et orientation: p. 9

B) Différences entre la moitié nord et la moitié sud: p. 10

II

Caractéristiques générales de l'esker de Matagami

A) Tracé et orientation:

Sur la carte glaciaire du Canada, l'esker de Matagami débute à environ 125 km (78 milles) au SE de l'embouchure de la rivière Harricana dans la baie de James. De son origine septentrionale jusqu'à l'endroit où la route de Matagami le délaisse, il suit une direction SE. Ensuite il conserve une direction SSE sur une distance de 78 km (49 milles), soit jusqu'à la hauteur du lac Obalski. A partir de ce dernier endroit, il devient sinueux, prenant d'abord une direction SE sur une dizaine de kilomètres (6 milles), puis bifurque vers le SSW sur les 17 km (10 milles) suivants. Ensuite, sur 22 km (14 milles), jusqu'à l'extrémité sud du lac Fiedmont, il reprend une direction SE pour de ce point suivre une direction qui, d'abord SSW, deviendra carrément SW.

La partie étudiée de cet esker s'étend depuis l'endroit où la route de Matagami l'abandonne jusqu'à une dizaine de kilomètres (6 milles) au sud de la ville de Vald'Or. Ses dimensions sont variables, mais dans l'ensemble, elles sont impressionnantes. Il est beaucoup plus étroit et discontinu dans sa partie nord, le long de la route de Matagami, que dans sa moitié sud où il prend des proportions énormes. La césure entre la partie septentrionale et la partie méridionale se fait à un point situé 12 km (7.2 milles) au nord du lac Obalski, endroit au-delà duquel l'esker change d'aspect général.

B- Différences entre la moitié nord et la moitié sud:

1- La moitié nord:

Le long de la route de Matagami l'esker se présente sous forme de segments à la suite de nombreux ennoyages sous les argiles glaciolacustres. Lorsqu'il est visible, il prend l'aspect d'une étroite bande graveleuse encadrée de part et d'autre par des dépressions fermées et tranchant nettement avec la plaine d'argile environnante. On peut alors suivre sa crête sur plusieurs kilomètres.

On dénote à certains endroits le long de l'esker des élargissements dans lesquels le contact entre les graviers fluvioglaciaires et l'argile lacustre se fait graduellement, par l'intermédiaire de sables de remaniement lacustre. Lorsqu'il apparaît en bandes étroites, sa forme est plutôt celle d'une crête arrondie, ses versants atteignent des pentes de 15 à 20 degrés et sa largeur varie de 75 à 150 m environ (225 à 450 pieds). Par contre, dans les parties les plus larges, les



Photo 1: Vue aérienne d'un tronçon de l'esker de Matagami. L'esker, que l'on voit de gauche à droite sur la photo se distingue par son peuplement de pin gris dans la végétation avoisinante et les tourbières (étendues blanchâtres). Les deux petits lacs occupent des kettles dont l'un, celui de gauche, est en partie colmaté par de la tourbe. Vue vers l'est.

versants sont beaucoup plus doux (5 à 10 degrés), les sommets plus larges et plats et sa largeur varie de 600 à 900 m (1800 à 3000 pieds). Dans les deux cas, la hauteur de l'esker au-dessus de la plaine argileuse ne dépasse guère 20 m (60 pieds).

2- La moitié sud:

Dans sa moitié sud, soit à partir d'une douzaine de kilomètres (7.2 milles) au nord du lac Obalski jusqu'au sud de Val d'Or, l'aspect de l'esker de Matagami change totalement. Il devient plus sinueux, ses dimensions quintuplent presque et sa continuité n'est interrompue qu'en trois endroits sur une longueur de 110 km (67 milles), car il domine de haut la plaine argileuse. La ligne de crête elle-même, que l'on pouvait suivre dans la partie nord, devient très floue car, par endroits, l'esker a plutôt l'allure d'un immense épandage fluvioglaciaire. Dans cette moitié sud, la hauteur maximum observée est de 85 m (280 pieds) au-dessus de la plaine argileuse tandis que sa largeur maximum atteint 4400 m (14,500 pieds).

Sur le plan géomorphologique, les formes associées à l'esker de Matagami peuvent être divisées en trois catégories:

- 1- Les formes dues à la sédimentation fluvioglaciaire et aux cadres topographiques et glaciologiques dans lesquels cette accumulation s'est produite.
- 2- Les formes dues au remaniement lacustre.
- 3- Les formes dues à une reprise éolienne.

Ces trois aspects, dans le même ordre, feront l'objet des trois prochains chapitres.

CHAPITRE III

Influences de la structure géologique et formes
associées à la mise en place de l'esker de
Matagami.

Sommaire:

- A) Influence de la structure géologique: p. 15
- B) Formes associées à l'accumulation fluvioglaciaire: p. 21

III

Influences de la structure géologique et formes associées à la mise en place de l'esker de Matagami.

A- Influences de la structure géologique.

Le tracé et l'aspect général de la moitié sud de l'esker de Matagami subissent les influences des accidents locaux du socle rocheux. Généralement, lorsqu'une barrière rocheuse quelconque, colline ou dyke, s'interpose dans le tracé de l'esker, celui-ci a tendance à s'élargir et à prendre l'aspect de deltas-d'eskers ou de plaines d'épandages fluvio-glaciaires. En d'autres endroits, c'est la crête de l'esker qui se trouve décrochée latéralement; cela a la même apparence qu'une couche géologique déplacée par une faille sur une carte. Ce phénomène apparaît à la photo (2); alors qu'un dyke de diabase barre perpendiculairement la route de l'esker, celui-ci s'arrête sur l'obstacle et reprend son cours quelques centaines de mètres plus à l'ouest.





Photo 9 Stéréogramme montrant le déplacement vers la droite et l'abaissement de la crête principale de l'esker de Matagami au SE de Landrienne. C, crête; Cd, crête déplacée; P, crêtes de plages; G, gravière abandonnée avec bourrelets dans le fond. 1: 15 840 (Q 65 247 49-50)

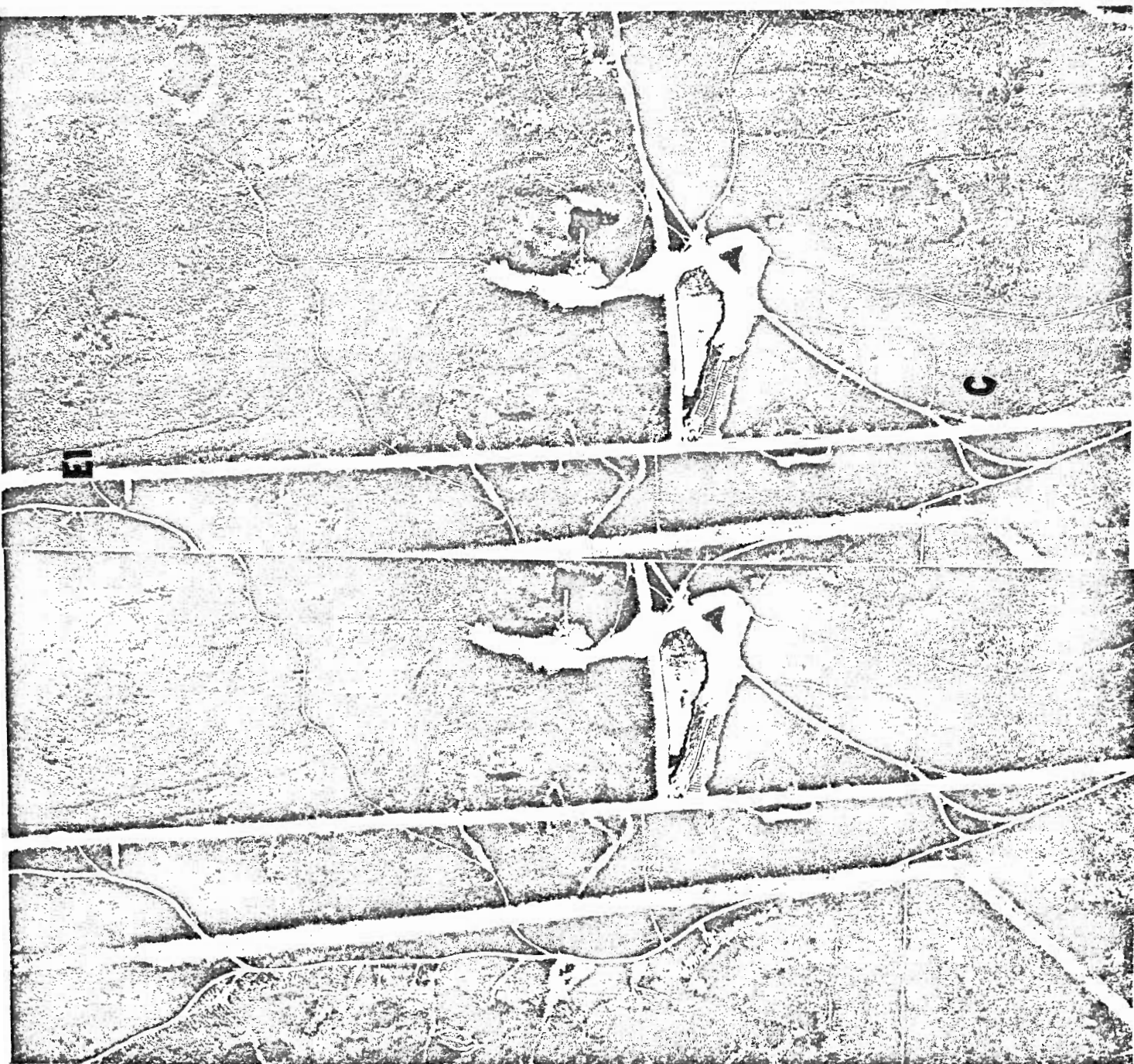


Photo 2: Stéréotriplet montrant le décrochement de la crête de l'esker de Matagami alors q'un dyke de diabase lui barre la route. Dy, dyke; C, crête; El, escarpement d'érosion lacustre. l: 15 840 (Q 65 254 75-76-77).

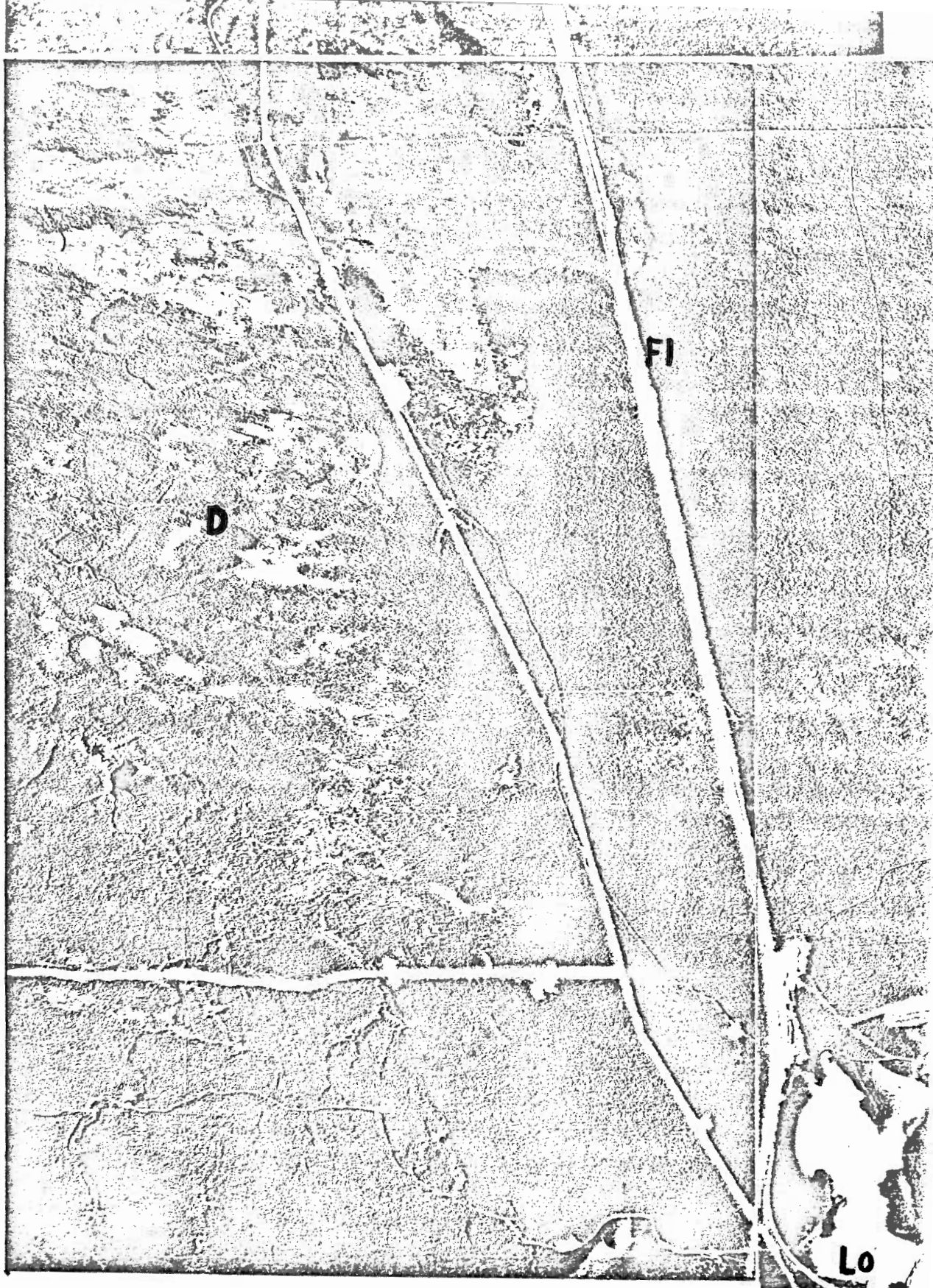
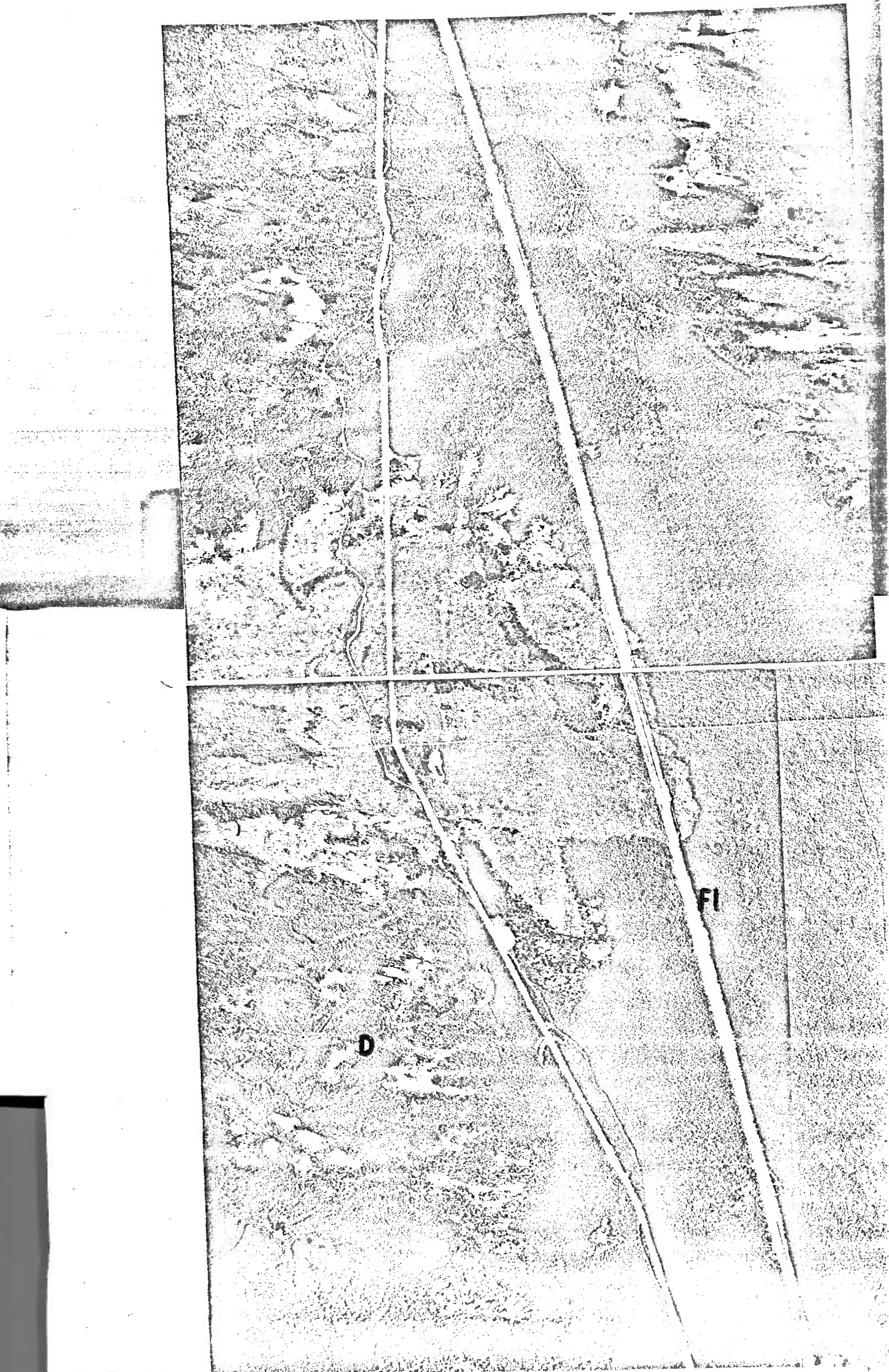


Photo 3: Elargissement de l'esker de Matagami alors qu'il se heurte à la colline Video. Fl, matériel fluvio-glaciaire; V, colline Video; D, dunes; Lo, lac Lortie. 1: 15 840 (Q65 218 169, Q 65 220 231 - 232).





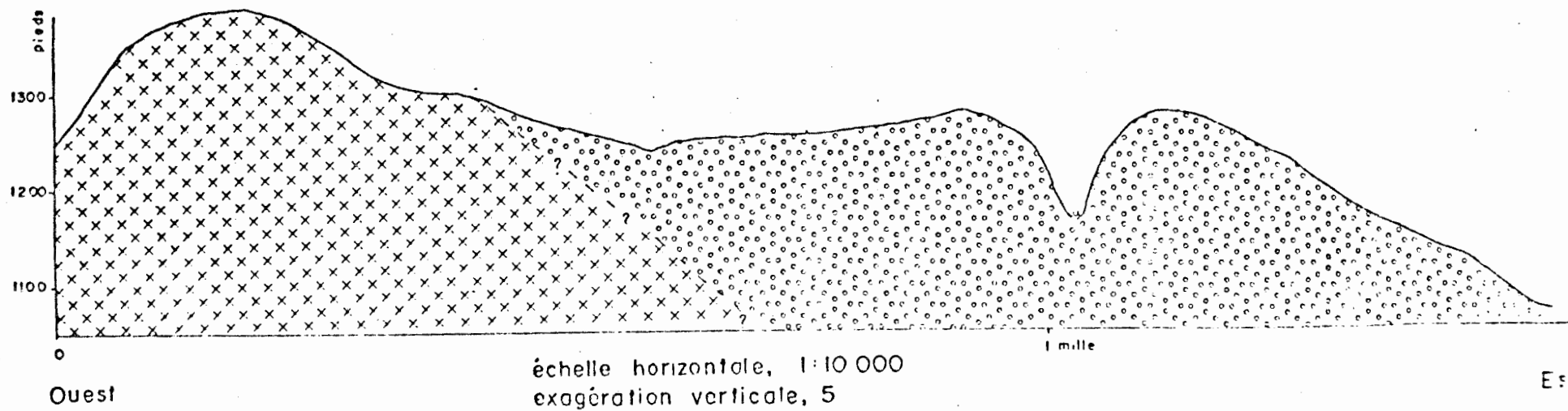
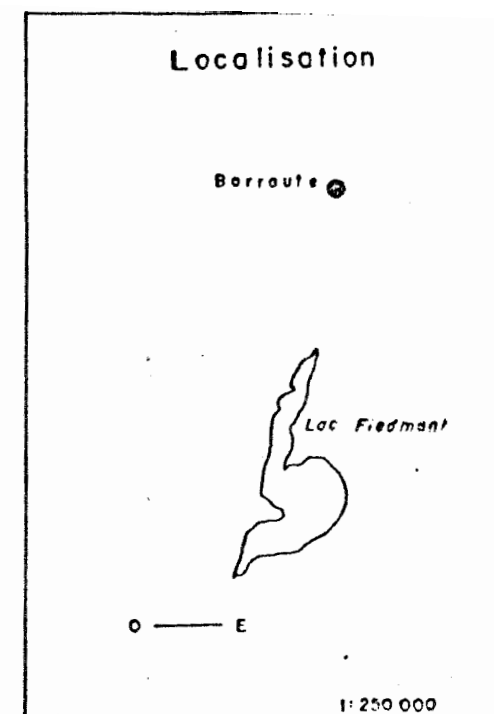


Fig. 2 Coupe transversale montrant l'esker de Matagami qui s'appuie sur le versant est des collines de Lacorne, formant une terrasse de kame.



Roc précambrien;



Matériel fluvioglaciaire.

Plus au sud, soit 10 km (6.2 milles) à l'est de St-Maurice de Dalquier, l'esker s'élargit en un delta dont l'ouverture semble être contrôlée par deux bosses rocheuses sises de part et d'autre de la crête fluvio-glaciaire. En se heurtant à la colline Video, puissante barrière rocheuse orientée E-W, l'esker de Matagami s'ouvre encore une fois en un immense delta (photo 3). Au sud de cette colline, l'esker s'engage dans une zone rocheuse très morcelée; il devient alors un immense épandage encadré par des buttes rocheuses abruptes et hautes de plus de 100 m (300 pieds) (photo 7).

Le tracé et l'aspect de l'esker sont influencés par un accident tectonique, soit la faille de la rivière Laflamme. Cette ligne de faille, d'orientation NNE-SSW, est dans le prolongement de la limite orientale du groupe de collines de Lacorne. Un esker affluent de l'esker de Matagami, longeant le bord occidental rectiligne du Lac Fiedmont, suit exactement cette ligne de faille. Au sud du lac Fiedmont, l'esker de Matagami suit la faille à son tour. A cet endroit, son flanc ouest s'appuie directement sur les collines de Lacorne (fig. 2). L'esker devient alors comparable à une terrasse de kame typique.

La localisation de l'esker à cet endroit et son orientation sont dues, probablement, à la présence d'un abrupt de ligne de faille sous les dépôts meubles. De telles influences, dues à la structure géologique, ont déjà été mentionnées par ERIKSSON (1960) dans une étude de l'esker de Stockholm.

La topographie du socle influence l'esker de Matagami ailleurs également, mais dans des proportions moindres. Il est possible qu'en



Photo 4: Décrochement latéral de la crête de l'esker de Matagami. NW de St-Maurice de Dalquier. ---, crête; T, tourbe.
1: 15 840 (Q 65 213 13).

quelques endroits l'esker franchisse des accidents rocheux sans modifications de sa largeur. En effet, l'examen des photographies aériennes nous a permis de déceler quelques surélévations suspectes le long de la ligne de crête.

B- Formes associées à l'accumulation fluvioglaciaire

1- Les crêtes secondaires:

La forme fluvioglaciaire principale est sans contredit la crête de l'esker de Matagami. Par contre, des crêtes secondaires apparaissent ici et là, notamment lorsque l'esker s'élargit en delta. La crête principale s'amenuise alors et fait place à quelques crêtes plus petites s'ouvrant en éventail. Selon DE GEER (1940), de telles crêtes s'appelleraient des "current ridges".

La crête principale connaît par endroits des décrochements latéraux sans qu'aucun obstacle ne soit présent, ou du moins visible sur les photos aériennes (photo 4). Seule une influence de nature glaciologique, par exemple une crevasse parallèle au front glaciaire, ou encore un effondrement de blocs de glace venant obstruer le cours d'eau fluvioglaciaire et le forcer à changer son cours, peut être responsable d'un tel phénomène.

2- les dépressions:

a) les kettles:

Tout le long de l'esker de Matagami, on retrouve des dépressions



Photo 5: Stéréogramme montrant l'alignement des kettles de part et d'autre de la crête de l'esker. 30 km (20 milles) au nord du lac Obalski.

fermées et occupées souvent par de petits lacs. Ces lacs se distinguent par la limpidité de leurs eaux en comparaison avec les lacs aux eaux boueuses, typiques du reste de la région. La disposition de ces dépressions dépend apparemment, dans une très grande mesure, du mode de mise en place de l'esker lui-même.

Bien que la majorité de ces dépressions soient de toute évidence attribuables à la fonte sur place de culots de glace isolés et enfouis dans les dépôts fluvioglaciaires, certaines d'entre elles peuvent avoir une origine tout-à-fait différente. Déjà un premier recensement démontre une certaine opposition entre la partie nord de l'esker où 89% (89 cas sur 100) des dépressions sont situées de part et d'autre des sédiments fluvioglaciaires, au contact avec l'argile lacustre, et la partie sud, où la proportion de dépressions à l'intérieur du dépôt fluvioglaciaire atteint 70% (67 cas sur 95). En tout, 33% des dépressions sont occupées par de petits lacs.

Dans la moitié nord, les dépressions situées dans le dépôt, qui ne représente que 11% des dépressions totales, sont alignées parallèlement à l'orientation de l'esker. Cet alignement est parfois simple, par exemple à l'extrémité nord de l'esker, mais il peut aussi être double (photo 5). Cette disposition en double rangée rappelle celle étudiée par DUMONT et HAMELIN (1954) à la colline Lesueur, située à environ 100 km (62 milles) à l'est de l'esker de Matagami, et à la même latitude que le segment où se présente cet alignement.

Il semble, selon ces deux auteurs, que la fonte de culots de glace ne puisse rendre compte de l'alignement de ces dépressions allongées dans le sens de l'esker. L'hypothèse faisant intervenir l'action érosive

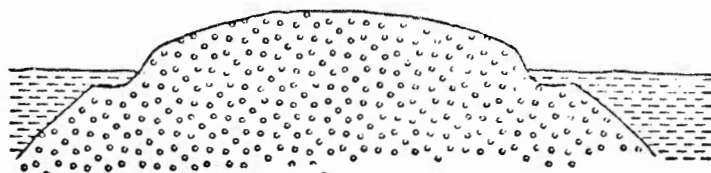
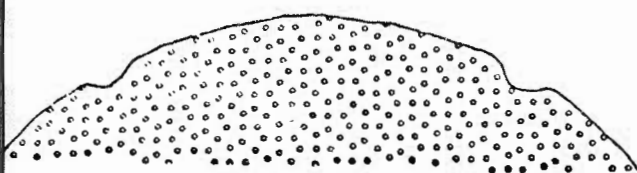
des eaux sous-glaciaires retient plutôt leur attention:

" La forme d'érosion ainsi produite s'appelle un rinnentåler. Voici comment nous appliquons la théorie aux dépressions du canton Lesueur:

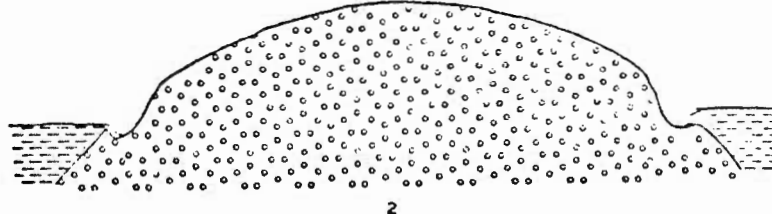
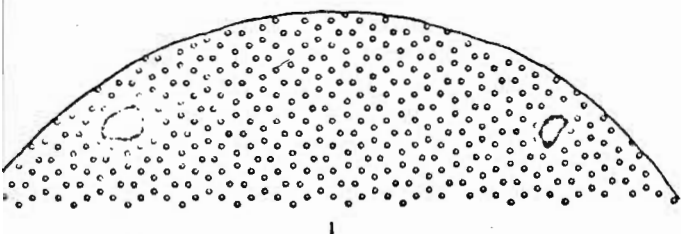
" Il faut imaginer que durant la dernière période de construction de la colline, les eaux de fusion serrées entre la voûte de glace et le lit de leurs dépôts non solidifiés, ont labouré ceux-ci aux endroits où elles se trouvaient sous pression. Dans les sections intermédiaires, le lit aurait été creusé au détriment de la glace, aussi n'est-il plus visible dans le relief."

Un examen stéréoscopique des photos de la colline Lesueur et de notre segment d'esker met en évidence un élément commun: les deux collines sont caractérisées par une crête centrale, correspondant dans notre segment à celle de l'esker, de part et d'autre de laquelle se situent les dépressions alignées. WILSON (1938) et NORMAN (1938), dans des régions attenantes à la nôtre, ont observé des structures similaires. Tous les deux proposent un mode de mise en place sous-glaciaire pour la crête elle-même, et proglaciaire pour la partie externe de la colline. Voici ce que propose NORMAN:

" Deposition under the ice would begin when the streams had insufficient velocity to carry their full load uphill from beneath the ice to higher parts of the deltas, or when their velocity was checked by the back pressure of the water in the lake. The streams, with slackened velocity, would cut laterally into their ice walls while depositing material to aggrade their floors. Lateral cutting accompanied by deposition would slowly raise and widen the ice channel of the subglacial streams and at the same time would bury linear strips of the ice of the older, lower walls. These strips of ice would be protected from immediate melting as the ice receded by being buried in the deltas at the ice front. Their subsequent melting



A) Les dépressions, creusées par les eaux de fusion glaciaire (1), sont par la suite masquées par la sédimentation lacustre (2).



B) Les dépressions, formées par appel au vide lors de la fonte de blocs de glace enfouis (1), sont synchrones à la sédimentation lacustre.

Fig. 3 Coupes schématiques illustrant les deux modes hypothétiques de formation des dépressions de part et d'autre l'esker de Motagami. A) Hypothèse du rinnentäler (inspirée de DUMONT et HAMELIN) ; B) Fonte de culots de glace enfouis.



Glace morte ;



Matériel fluvioglaciaire ;



Sédiments lacustres.

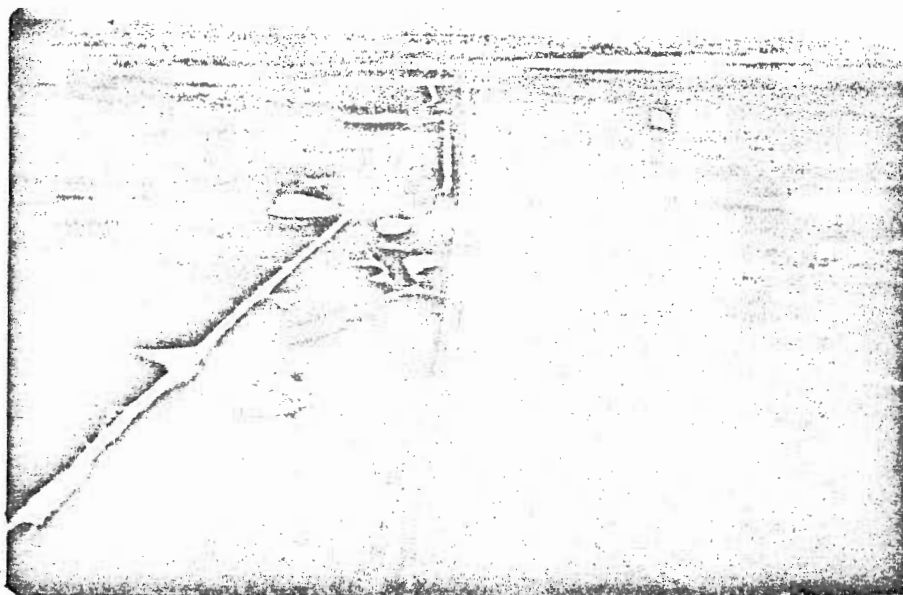


Photo 6: Alignement de kettles le long de l'esker de Matagami. La route (ligne blanche) passe sur l'esker qui apparaît plus foncé à cause de son peuplement forestier particulier. Vue vers le sud. A l'arrière-plan, le lac Obalski.

would produce the regular rows of depressions or kettles holes.¹

Cette dernière hypothèse, croyons-nous, tient compte d'une façon plus satisfaisante de la morphologie d'ensemble des collines fluvio-glaciaires de toute l'Abitibi et, indirectement, du mode de formation des dépressions fermées.

La photo (6) montre une série de dépressions fermées alignées le long de l'esker de Matagami. Dans cette partie septentrionale, le contact entre le matériel fluvioglaciaire et l'argile glacio-lacustre se fait de façon tranchante, sur l'espace de quelques mètres. Le bord extérieur des kettles, c'est-à-dire celui qui n'est pas appuyé sur l'esker, est dans l'argile. Si ces dépressions avaient été creusées par les eaux sous-glaciaires, elles auraient été comblées par la sédimentation glacio-lacustre et seraient aujourd'hui invisibles, ou du moins masquées sous une certaine épaisseur d'argile. Par contre, la fonte de blocs de glace enfouis, synchrone ou postérieure à la sédimentation lacustre, aurait pu les provoquer. La figure (3) illustre les deux processus. Ce schéma, illustrant l'effondrement par appel au vide, pourrait convenir également au cas précédent des doubles rangées de dépressions dans les collines fluvioglaciaires. En effet, l'alignement de part et d'autre de la crête rappelle la morphologie des collines fluvioglaciaires. Ici ne sont présentes que la crête et les dépressions

1- NORMAN, G.W.H. (1938) The last Pleistocene ice-front in Chibougamau district, Quebec. Trans. Soc. Roy. Can. ser. 3, v. 32, sec.4
p. 80



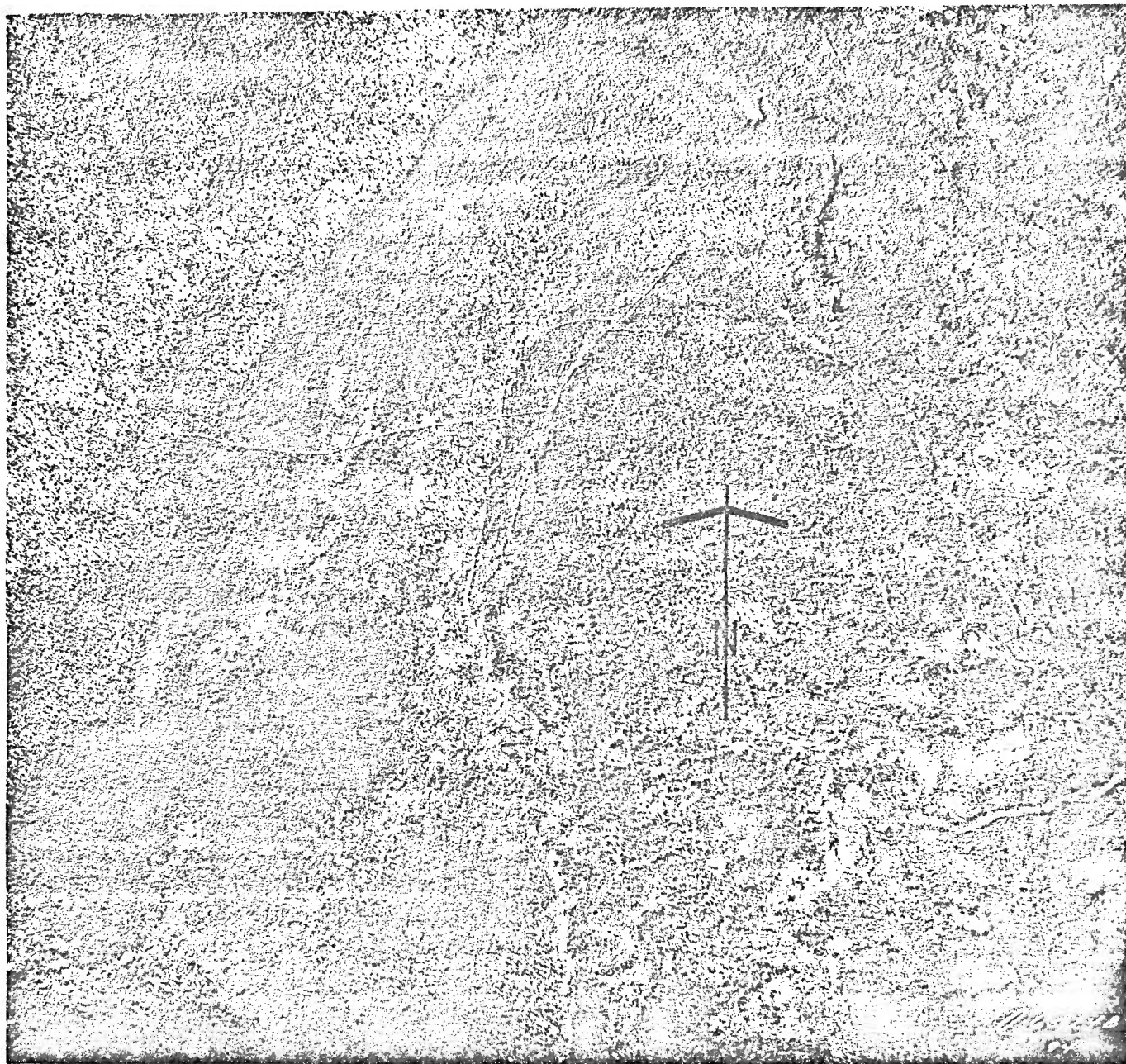
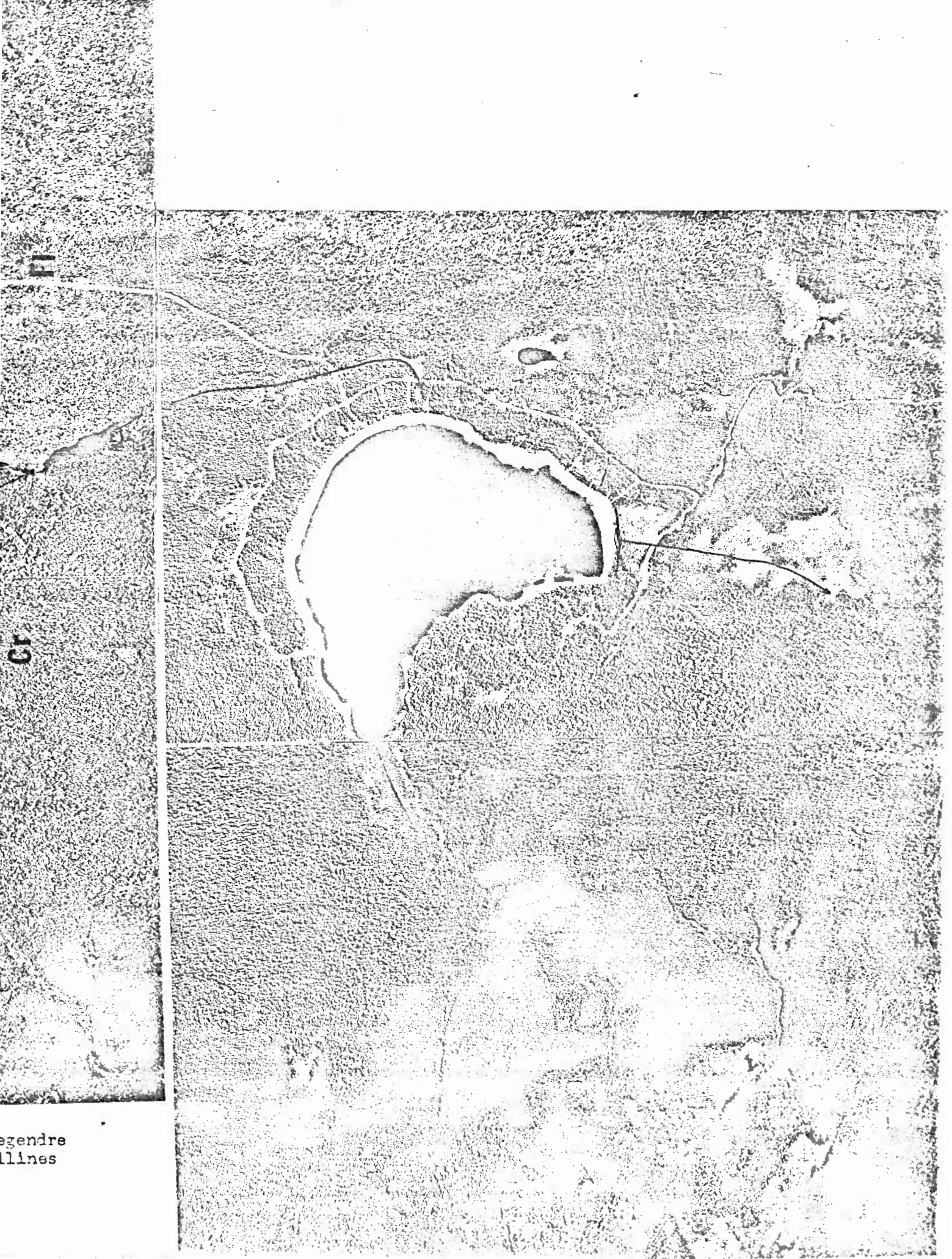




Photo 7: Montage illustrant la plaine d'épandage fluvioglaciaire du lac Legendre
→, chenal de drainage glaciaire; Fl, matériel fluvioglaciaire; Cr, collines
rocheuses 1:15 840 (065-180, 121-182, 183, 265-183, 266-183)



egendre
llines

de part et d'autre, la sédimentation proglaciaire latérale ayant été quasi nulle.

Quant aux dépressions fermées de la partie sud de l'esker de Matagami, dont 70% se retrouvent au sein des dépôts fluvioglaciaires, elles proviennent aussi de la fonte de blocs de glace enfouis. De plus, la carte démontre qu'elles ont tendance à être allongées parallèlement à l'esker.

b) Les chenaux de drainage glaciaires

On trouve également le long de l'esker de Matagami des dépressions d'un autre type. Leurs dimensions sont plus grandes que celle des kettles. Leur principale caractéristique est que leur bord est rocheux sur un côté, tandis que sur les autres côtés leur bord est de sables et graviers fluvioglaciaires. Le lac Legendre, au sud de Québec Lithium, constitue un bon exemple de ce type. Ce lac occupe une dépression entre le bord de l'épandage fluvioglaciaire et les buttes rocheuses qui l'entourent (photo 7). Cette dépression se situe sur l'emplacement d'un ancien chenal drainant les eaux proglaciaires contre le pied du versant rocheux. Le lac Roy, coincé entre le même épandage et le versant sud de la colline Video, est probablement un autre modèle de ce type. Le tracé d'un ancien chenal proglaciaire relie d'ailleurs ce lac au lac Legendre.

L'aspect général de l'esker de Matagami, sensiblement influencé par les accidents du socle, fera en sorte que cette importante crête fluvioglaciaire sera ultérieurement plus ou moins affectée par l'action des vagues du lac Barlow-Ojibway.

CHAPITRE IV

Formes de remaniement lacustre associées à l'esker de Matagami.

Sommaire:

- A) Niveau maximum probable du lac Barlow-Ojibway: p. 31
- B) Formes liées aux différentes phases du lac Barlow-Ojibway: p.33

IV

Formes de remaniement lacustres associées à l'esker de Matagami.

Quelques facteurs liés à l'existence du lac Barlow-Ojibway ont dû influencer le remaniement de l'esker de Matagami et la création sur ses flancs de formes littorales variées: les niveaux atteints par le lac glaciaire, son étendue et les étapes de son retrait.

A- Niveau maximum probable du lac Barlow-Ojibway:

Les niveaux atteints par les eaux du lac Barlow-Ojibway ne sont pas encore bien connus. Il est même difficile, voire impossible, de dire si les eskers d'Abitibi furent durant un certain temps entièrement submergés. Toutefois, un niveau se situant aux environs de 323-338 m (1050-1100 pieds) correspond à une étape relativement stable du lac glaciaire, car on y rencontre le plus grand nombre d'escarpements d'érosion, ou falaises mortes, et de flèches et cordons littoraux.

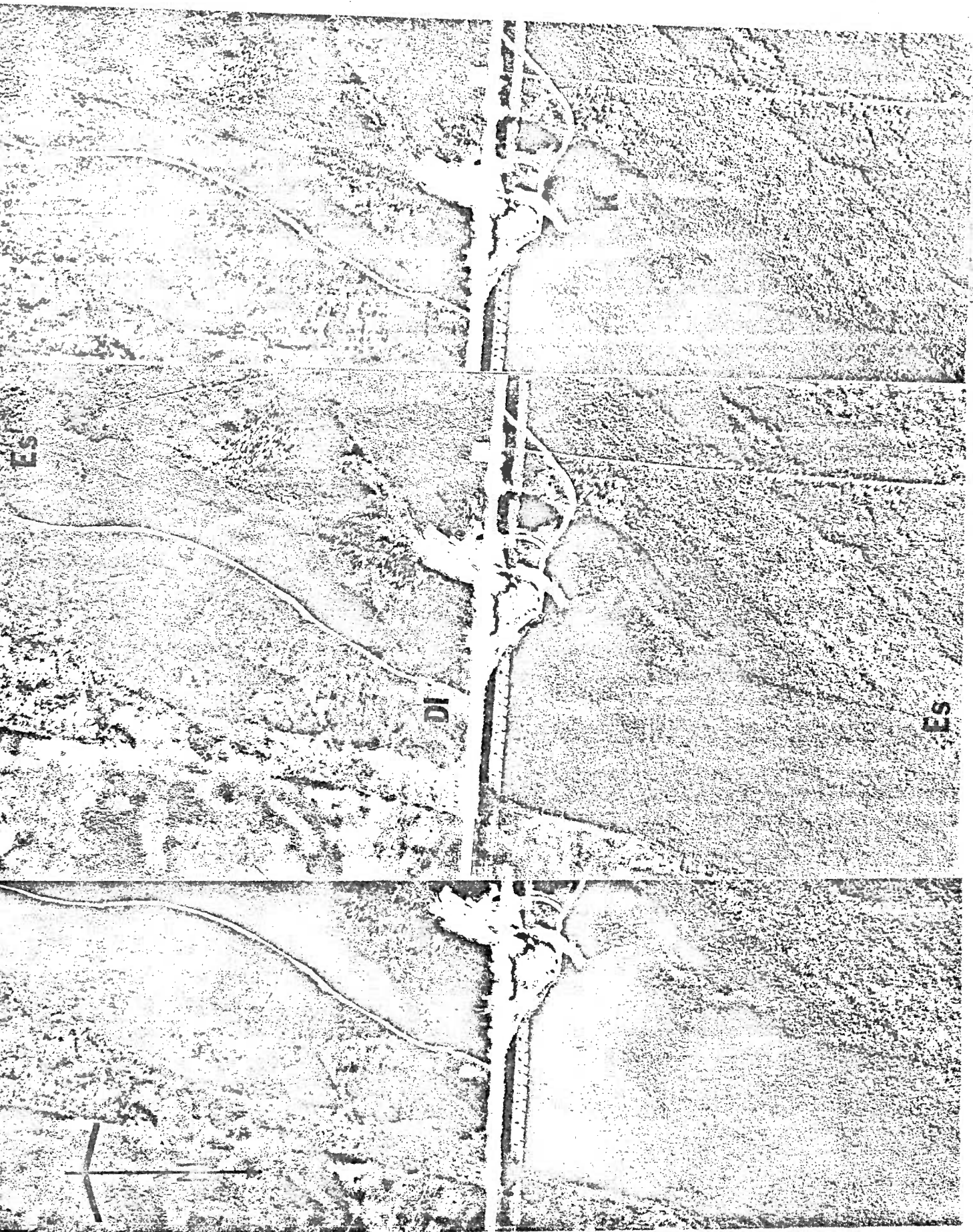


Photo 8 Stéréotriplets montrant un escarpement d'origine lacustre sur le versant-est de l'esker de Matazami. A l'est de Landrienne. Es-Es', escarpement; Dl, dunes littorales; K, kettles. 1: 15 840 (Q 65 241 241-242-243)

C'est aussi à ce niveau, d'après nos observations de terrain, que semble se situer la limite supérieure des argiles glaciolacustres.

Trois auteurs situent le niveau maximum atteint en Abitibi au-dessus de 430 m (1400 pieds). NORMAN (1933) observe une plage soulevée à 442 m (1437 pieds) près du lac Opémisca. WILSON (1938) situe la hauteur maximum du roc lavé par les vagues à 461 m (1500 pieds) à la colline Plamondon; et AMBROSE (1950) estime ce niveau maximum à 461 m (1500 pieds) dans la région de Clérigny. Ces altitudes sont trop élevées et des plans d'eau leur correspondant auraient surpassé n'importe quel barrage de retenue des eaux lacustres, à savoir un culot de glace morte au Témiscamingue ou l'onde de soulèvement isostatique, ou les deux à la fois. Avec LAVERDIÈRE (1969), il faut donc conclure à propos de ces hautes cotes à l'existence brève de petits lacs annulaires autour de nunataks, antérieurs au lac Barlow-Ojibway lui-même.

B- Formes liées aux différentes phases du lac Barlow-Ojibway:

1- Escarpement très net marquant le niveau maximum:

Les plus hautes ondulations de la crête de l'esker de Matagani, dans la région de Landrienne, atteignent 400 m (1300 pieds) d'altitude. Un escarpement d'érosion lacustre, très net sur photographie aérienne, (photo 8) suit une ligne très légèrement supérieure à la courbe de niveau de 369 m (1200 pieds). Il est donc certain que le lac Barlow-Ojibway a atteint un jour cette hauteur.

Au-dessus de 369 m (1200 pieds), l'esker a un sommet relativement plat. Ce genre de forme est susceptible de se réaliser lorsqu'un esker

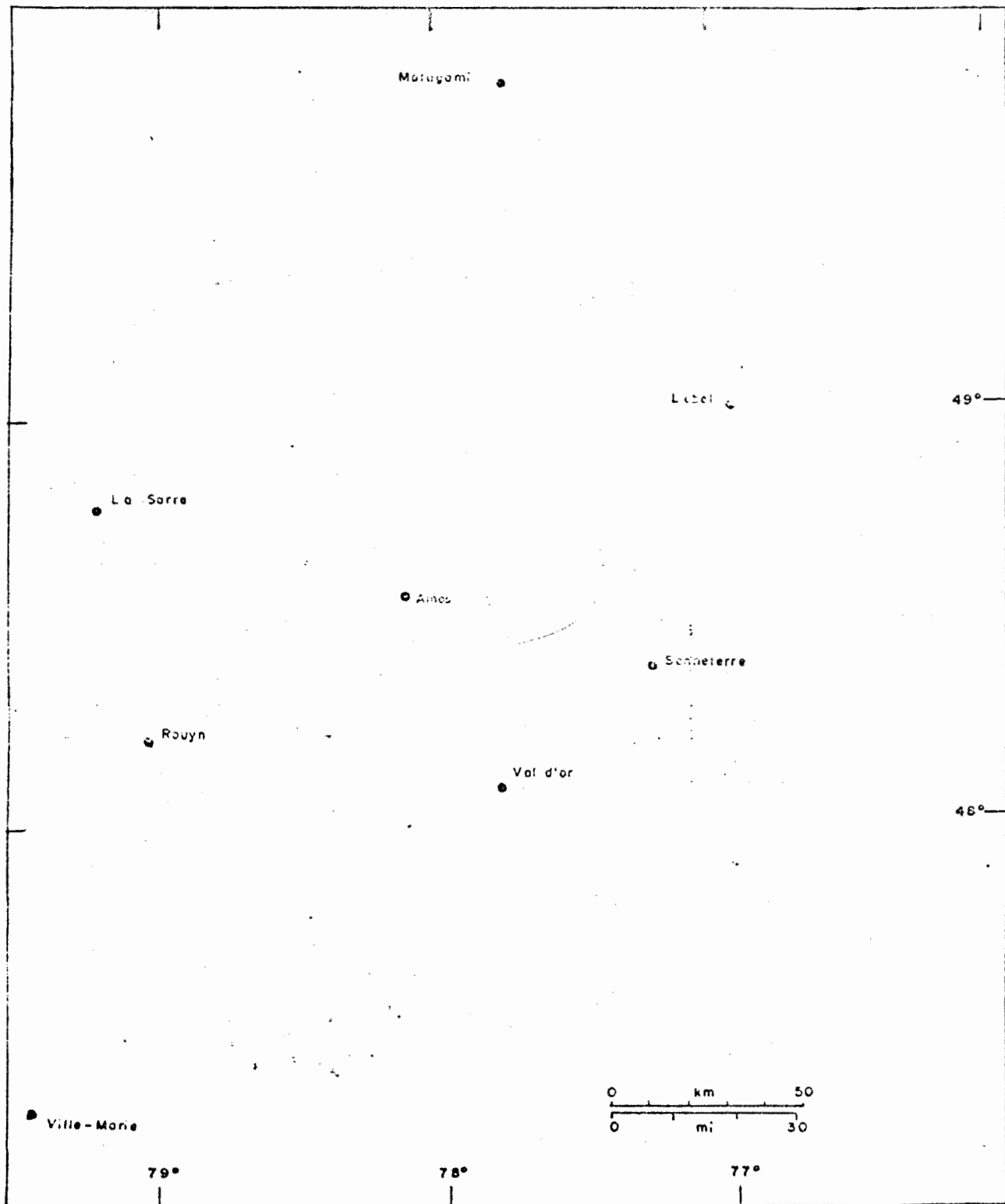


Fig. 4. Étendues jadis sous les eaux du lac glaciaire Barlow-Ojibway en territoire québécois; le cadre du haut, ou 50° parallèle, marque à peu près la limite nord du lac; et le cadre de gauche correspond à la frontière du Québec et de l'Ontario. D'après LAVERDIÈRE (1969).

en voie de formation dans une nappe d'eau affleure à la surface de cette nappe. Des expériences sur des modèles réduits effectuées par HANCOCK (1943) et LOUGEE (1953) servent de base à cette hypothèse. En effet, ces deux auteurs ont constaté, en faisant sédimenter des sables dans des bacs à l'aide de tuyaux que, si le niveau d'eau dans le bac est inférieur au diamètre du tuyau, la construction sableuse accumulée au débouché du tuyau a un sommet plat, correspondant au plan d'eau dans le bac.

Au-dessous de ce niveau de 369 m (1200 pieds) apparaissent un peu partout le long de l'esker d'autres escarpements et de nombreuses crêtes de plages. Il semble toutefois impossible de distinguer d'autres niveaux susceptibles de marquer des phases de stabilité au cours d'un retrait graduel des eaux du lac Barlow-Ojibway, à l'exception d'un niveau relativement final caractérisé par des formes pré-littorales, que nous verrons plus loin.

Si on attribue un niveau de 369 m au lac Barlow-Ojibway l'aire d'extension de celui-ci se retrouve légèrement agrandie comparativement à celle proposée par LAVERDIERE (1969), (fig.4) laquelle, correspondrait plutôt à l'étape finale mentionnée plus haut. Cette aire d'extension étant très vaste¹, il y avait donc un fetch assez long pour entraîner une forte action des vagues. La durée du lac, au moins 300 ans, obtenue d'après un comotage de varves par BLAKE (1953), fut sans nul doute assez longue pour permettre un très fort remaniement de l'esker de Katagani.

1- Ne pas oublier que la superficie du lac glaciaire est encore plus grande en Ontario.

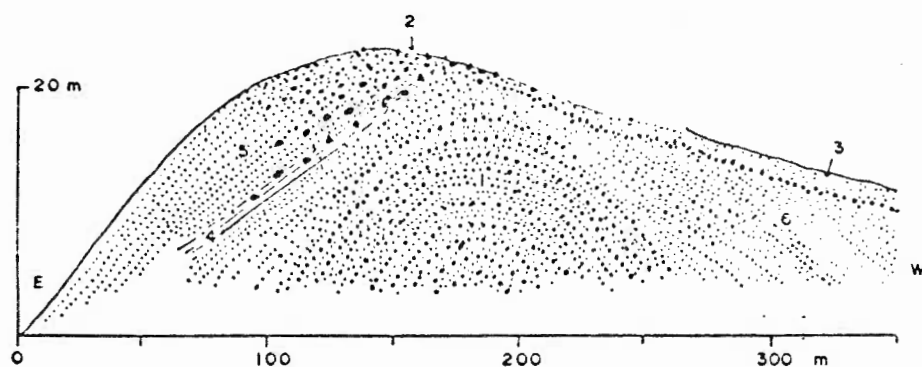


Fig. 5 Coupe transversale dans l'esker Vessö en Finlande du sud illustrant la structure interne et le profil de l'esker remanié par l'action des vagues. 1= noyau de sable et de gravier, 2= blocs et galets en surface, 3= sable fin reposant sur un pavage de blocs qui tronquent les couches sous-jacentes, 4= lit d'argile et de silt avec des blocs anguleux, 5= lits au-dessus de la couche argileuse passant des graviers aux sables en profondeur, 6= lits inclinés de sable. Selon GRANÖ (1958, p.13).

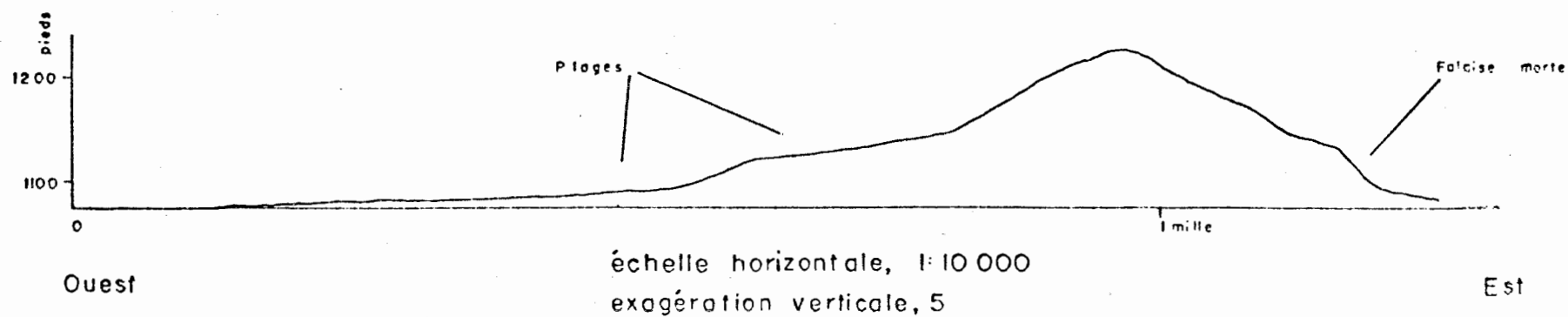
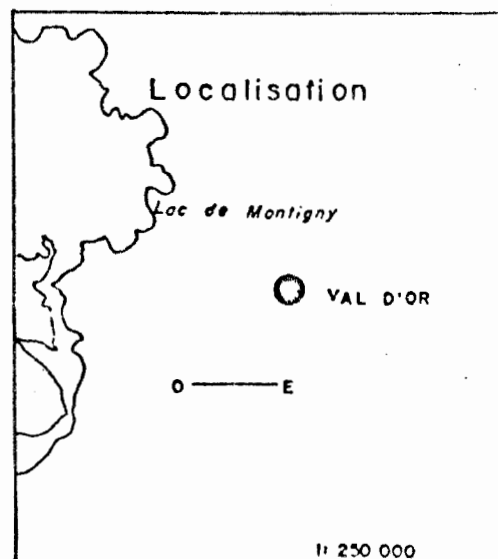


Fig 6 Coupe transversale de l'êker de Matagami illustrant des plages et une falaise morte sur les versants.

2- Modifications de la crête principale indiquant un retrait graduel des eaux:

L'esker, ayant dans ses tronçons les moins élevés une altitude d'environ 323 m (1050 pieds), fut donc submergé en certains endroits sous 45 m (150 pieds) d'eau. Aussi est-il normal de trouver de temps à autre des sédiments argileux sur la crête de ces segments peu élevés. Toutefois, cela est peu fréquent, car au fur et à mesure que la nappe d'eau baissait, l'effet érosif des vagues se faisait sentir; d'abord sur la crête, puis sur les versants. Aujourd'hui, seuls les segments les plus bas de l'esker disparaissent sous les sédiments varvés.

Dans une excavation effectuée à la pelle mécanique, à 1 km (0.62 mille) au NE du lac Obalski, à 323 m (1050 pieds) d'altitude, nous avons pu observer un banc d'argiles varvées recouvert de 2 m (6 pieds) de gravier. Ces sédiments argileux sont probablement le résidu d'une pellicule argileuse enfouie sous des dépôts de remaniement lacustre. Une disposition du même genre a déjà été observée par GRAND (1958) au sud de la Finlande (fig 5).

L'effet des vagues sur l'esker de Matagami se fait puissamment sentir dans sa morphologie. Les pentes des versants ont été souvent adoucies par la redescente des vagues (backwash). Des plages à pente très douce se sont formées au pied des falaises mortes. Ces plages, visibles sur les coupes (fig 6) se retrouvent surtout du côté ouest de l'esker, indiquant une action des vagues plus forte de ce côté que de l'autre; les vents dominants devaient donc souffler d'ouest en est.

La ligne sommitale de l'esker fut parfois totalement transformée, c'est-à-dire abaissée et déplacée. Ce phénomène se produisit lorsque la crête de l'esker en émergence atteignit d'abord la profondeur à laquelle les vagues ont un effet, puis lorsqu'elle subit directement l'assaut des vagues de translation. Selon GRANÖ (1958) le processus serait le suivant:

" When the esker surface reached the wavebase, the shallow water waves could transport and redeposit larger amount of material... When the sea got more shallow the crest of the esker was affected by waves of translation... There are some morphological and structural features caused by the difference in wave action between the two slopes of the esker. Thus the esker ridge has moved eastwards and its consists now of beach deposits. This is clearly seen in the cross cutting (fig. 5). The waves slowly transported the coarse material which now forms the highest ridge on top of the clay. The finer material was deposited at lower levels."

La photo (9) , illustrent le phénomène, montre bien que le versant oriental est beaucoup plus raide que le versant occidental dont la pente est presque insaisissable. L'altitude de cette crête modifiée est d'environ 353 m (1150 pieds), soit à mi-hauteur entre le niveau maximum observé (369 m, ou 1200 pieds) et l'étape finale du lac glaciaire (323m, ou 1050 pieds); elle illustre par conséquent un abaissement relativement régulier du plan d'eau entre les deux stades.

3- Formes pré-littorales caractérisant l'étape finale:

Cette phase terminale, caractérisée par des formes d'accumulation

-
- 1- GRANÖ, Olavi (1953) The Vessö esker in southern Finland and its economic importance. Fennia, v. 82, No. 1, p. 21-24



Photo 10. Escarpement d'érosion dans les graviers de l'esker de Matagami. Hauteur de la falaise, 3 m (25 pieds) Vue vers l'est. A mi-chemin entre le lac Obalski et Matagami.



Photo 11. Paleo-cordon littoral le long de l'esker de Matagami. Au N de Québec Lithium.
-C1', cordon littoral; E, esker de Matagami; T, tourbière; D, dunes. 1: 15 840
(65 218-271)

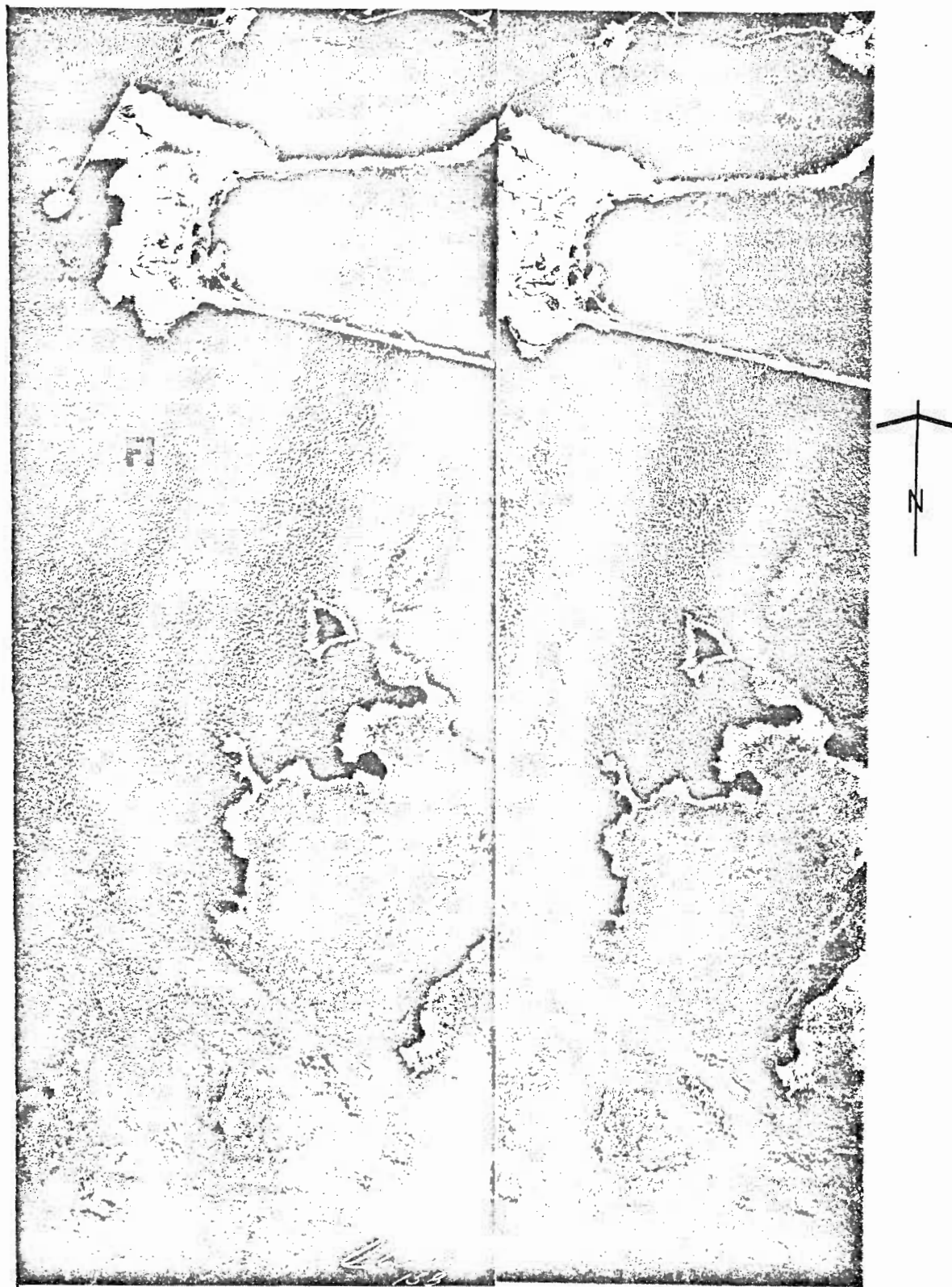


Photo 12. Flèche littorale recourbée au sud de Val d'Or. F, flèche littorale; Fl, matériel fluvioglaciaire l: 15 940 (Q 65 179 158-159).

pré-littorales, laisse sa marque entre 323 et 338 m (1050 et 1100 pieds). De nombreuses falaises mortes, exemple à la photo (10), dont la base est à une altitude approximative de 338 m (1100 pieds), appartiennent sans doute à ce dernier stade elles aussi.

Les formes pré-littorales, flèches et cordons, doivent vraisemblablement leur existence à l'effet conjoint de deux facteurs morphologiques. En premier lieu, ces formes se retrouvent à quelques centaines de mètres de l'esker, lorsque la pente du versant est très faible; les vagues étaient alors brisées au large, ce qui limitait leur puissance érosive et favorisait l'accumulation d'une seconde plage à l'endroit du déferlement.

Deuxièmement, la présence de buttes rocheuses, anciens îlots, à quelque distance du rivage, permettait l'accumulation de sables et graviers qui s'y accrochaient, formant ainsi des flèches et des cordons qui éventuellement étaient reliés à la terre ferme, en l'occurrence l'esker. L'espace entre les cordons et l'esker, aujourd'hui rempli par des tourbières, était alors occupé par des lagunes. Le cordon littoral le plus spectaculaire relié à l'esker de Matagami, long de 8 km, apparaît à la photo (11). La photo (12) nous montre également une flèche littorale recourbée; sa formation, si on se réfère à la carte, semble originer de sa position favorable, par rapport aux vents, dans un coude de l'ancien littoral.

L'étude de ces formes littorales associées à l'esker de Matagami nous permet donc de mieux comprendre les étapes du lac glaciaire Barlow-Ojibway. Toutefois, seule une étude détaillée à grande échelle de tous les anciens rivages nous permettra de connaître avec précision les phases de

cette importante nappe aquatique.

A l'exception de quelques dépôts sableux distribués de-ci de-là à travers la plaine argileuse, il ne semble y avoir aucun indice d'un niveau lacustre inférieur à celui qui est associé aux formes pré-littorales. Au fur et à mesure que les eaux se retireront, de vastes superficies sur lesquels la végétation ne fera que commencer son implantation donneront libre cours à une action éolienne.

CHAPITRE V

Formes éoliennes associées à l'esker de Matagami

Sommaire:

- A) Dunes édifiées lors du niveau maximum du lac glaciaire: p. 49
- B) Dunes littorales associées au retrait des eaux lacustres: p. 52
- C) Dunes post-lacustres: p. 52

Formes éoliennes associées à l'esker de Matagami

Des placages éoliens sans forme précise et des dunes sont facilement observables, sur photo aérienne, à la fois sur l'esker de Matagami et dans certaines tourbières qui le bordent. Des mesures de superficies, effectuées au planimètre sur photo aérienne, ont révélé que quatre fois plus de dunes se situent dans les tourbières et sur les dépôts voisins que sur l'esker lui-même. De plus, les formes d'accumulation éolienne se localisent presque exclusivement le long de la moitié sud de l'esker.

En général, la majorité des champs de dunes se retrouvent du côté est de l'esker. Les dunes elles-mêmes ont des formes en croissant de type parabolique à convexité vers l'est. Le fait que dans la grande majorité des cas l'esker est la seule source de sables dans la région, associé à la convexité vers l'est des dunes, indique que les vents dominants au temps de cette éolisation soufflaient fort probablement d'ouest en est.



Photo 13. Stéréogramme montrant des dunes périglaciaires au SW
du lac Legendre. R, butte rocheuse; T, tourbières. 1: 15 840
(Q 65 174 169-170)

A certains endroits on trouve des dunes à l'ouest de l'esker. On rencontre alors inévitablement des dépôts de sables lacustres situés plus à l'ouest et d'où proviennent vraisemblablement les sédiments éoliens. Il s'agit la plupart du temps d'un ancien cordon littoral; les dunes occupent alors l'ancien fond de lagune (photo 11).

Ces dunes, suivant les localités, ont des caractères morphologiques variés et des âges différents.

Nous avons dégagé trois types:

- a) Les dunes édifiées lors du niveau maximum du lac glaciaire.
- b) Les dunes littorales associées au retrait des eaux lacustres.
- c) Les dunes post-lacustres.

A- Dunes édifiées lors du niveau maximum du lac glaciaire.

Ces dunes sont apparemment les plus anciennes. On les retrouve à une altitude approximative de 377 m (1225 pieds), à l'ouest de l'épandage fluvio-glaciaire du lac Legendre. Ce type de dunes s'identifie bien sur les photos aériennes (photo 13). Les sables les composant semblent tirer leur origine de dépôts indéterminés, mais probablement lacustres, accolés à des buttes rocheuses situées légèrement à l'ouest; quelques dunes, dans la partie nord du stéréogramme, sont d'ailleurs adossées à une colline rocheuse.

Bien qu'elles aient un front d'allure parabolique, les dunes de ce type ont une composante longitudinale importante. Il semble que leurs bras sud soient exagérément allongés et fassent eux-mêmes penser à des dunes longitudinales, atteignant parfois des longueurs jusqu'à 1100 m (3575 pieds).

Ces dunes sont coalescentes, mais en échelon.

Les dépôts entre elles sont marécageux. Des tourbières sont même délimitées nettement par les accumulations éoliennes. La présence de ces tourbières implique une reprise éolienne sous climat froid, antérieure à l'accumulation du dépôt organique qui, lui aussi, vu la présence de petites mares de paises, a subi l'effet du froid durant sa croissance.

Ces dunes, comme l'indique la présence de nombreuses taches claires sur la photo aérienne, connaissent certainement des déplacements locaux de sables éoliens. Les dunes elles-mêmes par contre, ne doivent quand même pas se déplacer beaucoup à cause de toutes ces tourbières et du sol humide qui les entoure.

Des accumulations éoliennes identiques aux dunes de ce type et formées dans des conditions semblables ont été étudiées en Laponie finlandaise par SEPPÄLA (1971). L'étude pédologique qu'il y a faite révèle qu'elles n'ont pratiquement pas bougé depuis leur formation qu'il date, grâce à un lit de charbon provenant d'un feu de forêt et à des études de pollens, du tardiglaciaire. Les espèces rencontrées dans les pollens sont, de plus, indicatrices d'un climat périglaciaire au moment de leur édification. D'après cet auteur, et d'autres, ce type de dunes fait nettement partie de la géomorphologie péri-glaciaire: " The occurrence of parabolic dunes in groups linked to each other is very characteristic of periglacial dune fields (SOLGER 1910, LOUIS 1929, BLACK 1951, KROZER 1958, GALON 1958, 1959, ROSENDZA 1958)¹."

1- SEPPÄLA, Matti (1971)

Evolution of eolian relief of the KAAKIAJOKI - KIELLAJOKI river basin in Finnish Lapland. Fennia, Vol. 104, P. 18

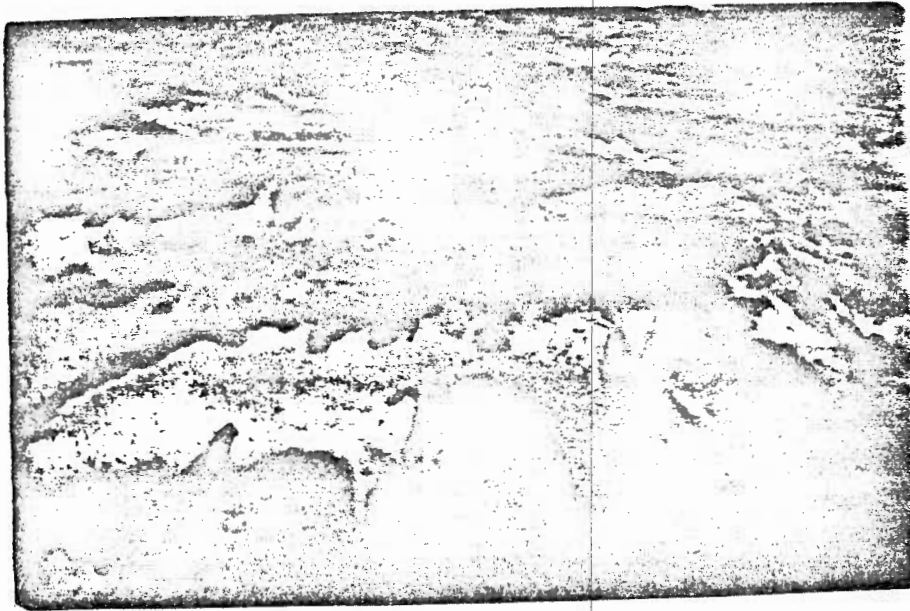


Photo 14. Vue aérienne des dunes post-lacustres dans des tourbières. Vue vers l'est.

B- Dunes littorales associées au retrait des eaux lacustres.

Viennent en second lieu les dunes que l'on retrouve sur l'esker et qui, stratigraphiquement, reposent sur des sables et graviers. Elles sont en général situées au bas du versant ouest et elles occupent d'anciennes positions littorales. Ces dunes datent de la dernière phase lacustre, localisée aux environs de 323-338 m (1050-1100 pieds). Leur longueur dans le sens E-W n'excède pas 100 m (325 pieds). Elles sont coalescentes latéralement, caractérisant ainsi d'anciens cordons dunaires littoraux (photo 8).

C- Dunes post-lacustres.

Comme pour le premier cas, les dunes du troisième type se localisent dans des tourbières. Toutefois, elles semblent totalement fixées et ne sont visibles dans l'étendue marécageuse que grâce au peuplement forestier qui les surmonte. Ces dunes aussi sont paraboliques. Leur longueur dans le sens du vent est en moyenne de 100 m. Elles sont coalescentes elles-aussi et s'unissent en cordons orientés NW-SE. Vues d'avion, photo(14), elles ont un effet saisissant.

La tourbe repose, stratigraphiquement, sur le bas-flanc de ces dunes; ce qui, comme dans le premier cas, signifie que leur formation est antérieure à celle des tourbières. Comme nous nous situons ici dans l'ancien fond lacustre très plat, l'accumulation de dépôts organiques aurait dû commencer dès le retrait final des eaux. La présence de ces dunes semble indiquer que le développement de la tourbe a été ralenti par un climat froid. La longévité du lac Barlow-Ojibway étant estimée à environ 300 ans, il s'agit donc d'un climat tardi-glaciaire. La présence dans les tourbières des environs de structurations diverses et de petites mares de paises vient ap-

puyer cette hypothèse

Ces trois types de dunes, caractérisant une assez forte reprise éolienne des sédiments associés à l'esker de Matagami, sont donc des éléments importants de la morphologie de cet esker. Il reste à savoir si la reprise éolienne aura une importance égale sur les autres eskers de la région.

CHAPITRE VI

L'intégration de l'esker de Matagami à
l'ensemble des eskers de la région.

Sommaire:

- A) Description du réseau d'eskers abitibien: p. 55
- B) Géomorphologie comparée de l'esker de Matagami
et des autres eskers: p. 56

VI

Intégration de l'esker de Matagami à l'ensemble des eskers de la région

A- Description du réseau d'eskers abitibien:

Un premier coup d'oeil à la carte des localités de l'Abitibi (en pochette) démontre que les eskers y forment un réseau de lignes plus ou moins parallèles avec, de temps à autre, quelques confluences. On voit aussi que ce réseau, à cause de deux orientations générales des eskers de part et d'autre de l'esker de Matagami, peut être divisé en deux sous-réseaux, ou deux groupes: les eskers à l'ouest de l'esker de Matagami, orientés NNW-SSE, et les eskers à l'est de l'esker de Matagami, orientés NNE-SSW. Quant à l'esker de Matagami lui-même, il semble, dans sa moitié sud, appartenir aux deux groupes, car il y présente alternativement les deux orientations. Sur deux longs segments, de Val d'Or au lac Fiedmont et à la hauteur de Landrienne, son orientation est parallèle à celle des eskers du groupe

oriental tandis que sur tout le reste de son tracé il appartient, par son orientation, au groupe occidental.

L'esker de Matagami a quatre affluents, tous situés du côté est. Leur angle de confluence, supérieur à 45° , s'ouvre vers le nord. Ils ont une forte influence sur le tracé de l'esker principal car à chaque confluence, on a l'impression que l'affluent est le collecteur et l'esker de Matagami le tributaire. C'est-à-dire que l'esker de Matagami semble en fait, emprunter le tracé de ses affluents. (cf. les cartes en pochette). Nous croyons que seule une influence de la structure du socle, ou peut-être parfois de la structure du glacier, peut expliquer cet agencement de l'esker de Matagami et de ses affluents. Cette hypothèse se vérifie dans le cas, vu au chapitre III (p.19), de l'influence de la ligne de faille de la rivière Laflamme sur le tracé de l'esker de Matagami et d'un de ses eskers affluents.

La région étudiée, entre les rivières Harricana et Bell, est donc le lieu de rencontre des deux groupes formant le réseau d'esker abitibien. La rencontre se fait le long de l'esker de Matagami qui, par ses changements alternatifs d'orientation et ses affluents, appartient aux deux groupes à la fois.

B- Géomorphologie comparée de l'esker de Matagami et des autres eskers.

1- Les dimensions:

Les dimensions de l'esker de Matagami sont plus imposantes que celles des autres eskers qui ont, quand même, des tailles relativement



Photo 15. Segment d'esker à l'ouest de Senneterre. Noter la grande largeur. T, tourbière; Ts, tourbière structurée.
1: 15 840 (Q 55 248 109)



Photo 16. Segment septentrional d'i même esker qu'à
la photo 15. Remarquer l'étroitesse de l'esker.
1: 15 840 (45 246 103)

importantes. L'esker de Matagami mesure environ 280 km (174 milles) de longueur, tandis que son plus proche congénère n'atteint que 73 km (45 milles). Quant à la hauteur et à la largeur, certains eskers, par exemple celui qui passe au SE de Val d'Or, sont comparables à l'esker de Matagami. L'affluent le plus méridional de l'esker de Matagami lui est aussi comparable en taille. Par contre, les autres affluents sont de dimensions beaucoup plus réduites, notamment celui qui suit la ligne de faille de la rivière Laflamme et celui qui occupe la position la plus septentrionale. En effet, ^{un} deux eskers disparaissent de temps à autre sous les argiles lacustres.

Comme l'esker de Matagami, tous les eskers de la région étudiée ont des dimensions beaucoup moindres dans leur partie septentrionale. L'altitude de leurs lignes de crêtes culmine vers 323 m (1050 pieds) au nord de la latitude de Earville, tandis que plus au sud, elle peut dépasser 369 m (1200 pieds) (photos 15-16).

2- Formes liées à la mise en place:

a) Influence du socle:

Si l'on compare, le long des eskers, la distribution des formes liées à leur mise en place, on voit apparaître alors des différences encore plus significatives. L'influence des inégalités du socle semble plus importante sur la localisation des eskers que sur leurs élargissements en deltas d'eskers et en plaines d'épandage flavioglaciale. Ainsi, l'esker qui longe la route reliant Louvicourt à Senneterre se termine immédiatement au sud d'une barrière rocheuse. Il en est de même pour le delta flavioglaciale isolé au nord de Barraute. Par contre, quelques eskers

semblent ne pas avoir tenu compte des obstacles rocheux durant leur sédimentation. En effet, l'esker situé au SE de Val d'Or, pour ne citer que cet exemple, surmonte de toute évidence des buttes rocheuses; quelques surélévations importantes situées le long de sa ligne sommitale, dans le prolongement de bandes rocheuses de direction E-W, indiquent que cet esker a subi l'influence de la topographie du socle. Il devient donc malaisé de déterminer le rôle exact de la topographie du fond rocheux lors de la formation des eskers. Les facteurs glaciologiques ont probablement joué à ce moment un rôle plus important que la topographie du fond sous-glaciaire.

b) Kettles:

Quant aux kettles, ils semblent pour la plupart se localiser au sein des sédiments fluvioglaciaires. En effet, sauf pour l'affluent le plus septentrional de l'esker de Matagami, peu de kettles apparaissent de part et d'autre des eskers, au contact entre le matériel fluvioglaciaire et les sédiments argileux. Cette distribution des kettles semble s'expliquer par la latitude: aucun esker du groupe oriental, sauf cet affluent septentrional, n'atteint la latitude, au nord du lac Obalski, où la majorité des kettles est située de part et d'autre du dépôt fluvioglaciaire. Il est possible que, au-delà de cette latitude, le mode de mise en place des eskers ait changé.

c) Deltas d'eskers:

L'élément typique dominant de la morphologie fluvioglaciaire des autres eskers par rapport à l'esker de Matagami est sans contredit la succession de deltas propre à la plupart des eskers de la région, (photo 17). Ces



Photo 17. Stéréogramme montrant des deltas fluvio-glaciaires coalescents dans la région de Rochebaucourt. 1, première accumulation deltaïque (la plus ancienne); 2, seconde accumulation deltaïque. T, tourbière; K, kettles; Es-Es', escarpement d'origine lacustre. 1: 15 840 (Q 65 241 77-78)



Photo 18. Stéréotriplet montrant un tombolo double et une crête déplacée à l'ouest du lac Carpentier. C, crête principale; Cd, crête déplacée; T, tombolo; R, hutte rocheuse; D, dunes. 1: 15 840 (Q 65 218 189-190-191)

deltas sont distants entre eux d'en moyenne 2 km (1.3 milles). Les cartes (en pochette) montrent, le long de la majorité des eskers, à l'exception bien entendu de celui de Matagami, des successions de bourrelets et d'évasements. Il est à remarquer, en plus, que ces deltas ne se succèdent pas toujours en ligne droite. Par exemple, le plus long des eskers du groupe oriental, qui s'étend de Pascalis au lac Despinassy, doit, dans la région de Rochelaucourt, son orientation SSW-NNE à des décrochements en échelon vers l'est de ces deltas les uns par rapport aux autres.

3- Formes de remaniement lacustres:

En ce qui concerne les formes de remaniement lacustres, développées à propos de l'esker de Matagami au chapitre IV, il ne semble y avoir aucune différence avec les autres eskers de la région. L'escarpement le plus élevé, situé 5 km (3 milles) à l'ouest du lac Carpentier, correspond approximativement à la courbe de 369 m (1200 pieds); il vient donc confirmer notre détermination d'un niveau maximum possible du lac Barlow-Ojibway vers cette altitude. Presque au même endroit, on remarque entre 338 et 353 m (1100 et 1150 pieds) une crête qui, de toute évidence, a été déplacée vers l'est par l'action des vagues. Tout près de là, à la même élévation, un affleurement rocheux, situé à 1 km (0.62 mille) à l'ouest de l'esker, a permis l'édification d'un tombolo double (photo 18).

Des falaises mortes, des crêtes de plages et quelques cordons littoraux sont observables sur les cartes au 1: 50 000. La très grande majorité de ces formes appartiennent à la phase terminale du lac glaciaire et se situent entre 323 et 333 m (1050 et 1100 pieds) d'altitude.

4- Dunes:

Les formes d'accumulation éolienne sont présentes en quantité

moindre le long des autres eskers de la région que le long de l'esker de Matagami. Elles sont presque toutes concentrées en trois localités principales. Aux deux premières localités, les dunes sont à une altitude de 338-353 m (1100-1150 pieds) et, aux deux endroits, cette élévation s'explique par une remontée dans la topographie du socle rocheux. La première de ces localités se situe 4 km (2.5 milles) à l'ouest du lac Carpentier tandis qu'on trouve la seconde 20 km (12 milles) à l'est de Val d'Or.

Au premier endroit, les dunes se situent en majorité à l'est de l'esker. Elles semblent toutes reposer sur un fond sableux. Vers l'est, la dune la plus éloignée de l'esker se trouve à 2500 m (8125 pieds) de la marge des sédiments fluvioglaciaires.

A la seconde localité, les dunes, bien qu'avant une tendance nette à se trouver à l'est de l'esker, se retrouvent parfois sur l'esker lui-même, ou chevauchent par endroits le contact entre les dépôts fluvioglaciaires et les sédiments environnants. Plusieurs dunes ne sont pas reliées à l'esker lui-même et sont localisées au sein de dépôts tourbeux. Elles sont souvent coalescentes et forment des cordons parallèles à l'esker.

Quant à la troisième localité, elle se situe sur un épandage d'esker, quelques kilomètres au nord du village de Pascalis. Les dunes y sont perchées sur une falaise morte du côté ouest de l'épandage (photo 19), formant un cordon. Cette disposition témoigne donc de leur origine littorale. Quelques autres dunes se retrouvent plus à l'intérieur de l'épandage, formant avec les dunes du bord de la falaise un groupe de dunes paraboliques en râteau.¹

1- Cf. GUILCHER, André (1954), Morphologie littorale et sous-marine. P.U.F., p.80

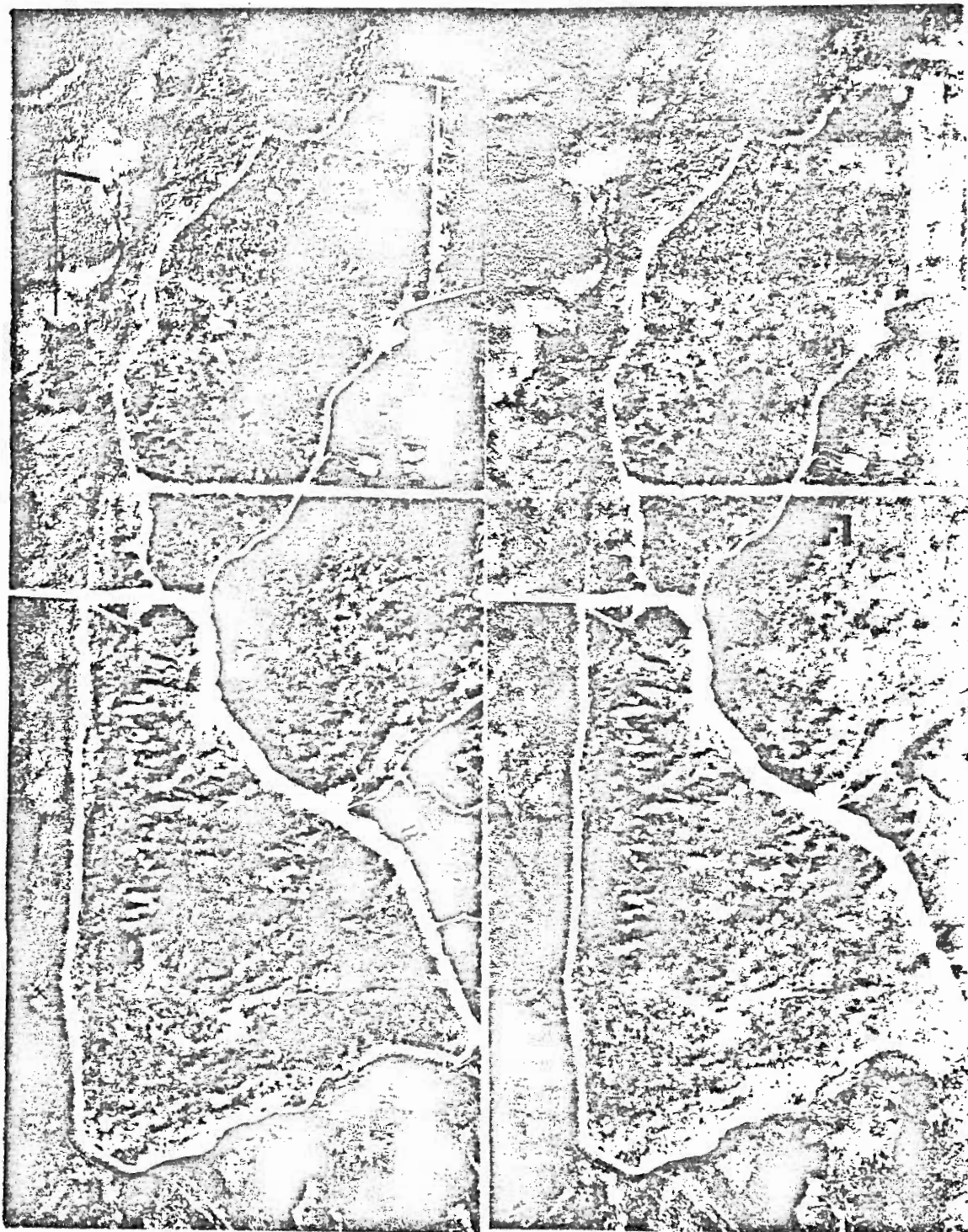


Photo 19, Dunes littorales en râteau sur une plaine d'épandage fluvio-glaciaire. D, dunes. Fl, matériel fluvio-glaciaire; Lr, ligne de rivage. 1; 15 840 (Q 65 273 55-57).

Plusieurs faits ressortent de cette disposition du réseau d'eskers dans la région étudiée et des quelques différences morphologiques entre l'esker de Matagami et les autres eskers. Ces distributions apporteront ultérieurement des éléments utiles lorsqu'il sera question de classer les eskers en types et de comprendre leur mode de mise en place. Auparavant, un bref regard sur les matériaux constituant les eskers s'impose.

Chapitre VII

Caractéristiques granulométriques des
sédiments d'eskers et associés.

Sommaire:

- A) Echantillonnage et méthode utilisée: p. 68
- B) Comparaison entre les sédiments fluvio-glaciaires et les
sédiments lacustres: p. 72
- C- Les sédiments éoliens: p. 84

VII

Caractéristiques granulométriques des sédiments d'eskers et associés.

Les matériaux des eskers abitibiens sont de granulométrie variée. En effet, on y rencontre des matériaux de toute taille, allant des limons aux blocs. Dans la plupart des cas, les cailloux, les galets et les blocs sont sub-arrondis et sub-anguleux. Ce faible énoissé provient de leur transport sur quelques kilomètres par la glace et surtout par les eaux de fusion glaciaire.

La plupart de nos observations sédimentologiques proviennent de gravières situées le long de l'esker de Matagami. Toutefois, comme nous avons eu l'occasion de travailler dans la partie ouest de l'Abitibi, la majorité de nos échantillons et observations proviennent de quelques eskers situés à l'extérieur de la région étudiée.

A) Echantillonnage et méthode utilisée:

Nous avons procédé à l'analyse de 39 échantillons. Parmi ces échantillons, dix-neuf sont des sédiments lacustres prélevés sur un versant d'esker; dix-sept sont d'origine fluvioglaciaire, et trois sont de sables de dunes. Les sédiments lacustres et les sédiments fluvioglaciaires proviennent tous des environs de l'aéroport d'Amos tandis que les sables de dunes ont été recueillis à trois endroits différents, soit à l'aéroport de Val d'Or, à Senneville et à proximité du lac Berry.

Les échantillons de sédiments lacustres proviennent d'un dépôt de plage et ont tous été prélevés dans une tranchée de 2 m (6 pieds) de profondeur creusée par un béliet mécanique au pied du versant d'un esker. L'altitude de cette localité est d'environ 323 m (1050 pieds). Ces dépôts datent donc vraisemblablement de la phase finale du lac Barlow-Ojibway. Quant aux échantillons fluvioglaciaires, ils ont été prélevés à des profondeurs telles qu'ils ne peuvent avoir subi l'influence des vagues du lac glaciaire; chaque échantillon a été soigneusement prélevé dans une strate bien définie.

Nous avons utilisé la méthode des moments pour le calcul des indices granulométriques. Les paramètres utilisés dans cette méthode ont l'avantage d'être les mêmes que ceux utilisés en statistiques générales pour la description de distributions normales et log-normales. La notation ϕ où

$$\phi = -\log_2 m$$

servira donc à exprimer les dimensions. Afin de faciliter la compréhension de notre travail, nous fournissons une table de conversion des valeurs millimétriques en notation ϕ (tableau 1). Quant aux courbes granulométriques, elles sont tracées sur du papier à probabilité arithmétique.

TABLE DE CONVERSION DES MILLIMETRES EN VALEURS PHI (ϕ)

<u>Millimètres</u>	<u>Valeurs ϕ</u>
16,0 -----	-4.0
9,51 -----	-3.25
4,00 -----	-2.0
2,83 -----	-1.5
2,00 -----	-1.0
1,41 -----	-0.5
1,0 -----	0.0
0,707 -----	0.5
0,5 -----	1.0
0,377 -----	1.5
0,25 -----	2.0
0,177 -----	2.5
0,125 -----	3.0
0,088 -----	3.5
0,063 -----	4.0
0,044 -----	4.5
0,037 -----	4.75

Tableau 1

Ce type de graphique a l'avantage d'étirer les extrémités des courbes cumulatives et permet ainsi de prendre en considération une plus grande partie de l'échantillon représenté par la courbe. Les indices, calculés, par ordinateur, et représentés dans nos tableaux sont les suivants:

1- La médiane (M_d): C'est la valeur ϕ du cinquantième centile dans l'échantillon, c'est-à-dire $\phi 50$.

2- La moyenne ($M\phi$): Selon FOLK and WARD (1957):

$$M\phi = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

3- L'écart-type ($\sigma\phi$): Selon FOLK and WARD:

$$\sigma\phi = \frac{(\phi 24 - \phi 16)}{4} + \frac{(\phi 25 - \phi 5)}{5.5}$$

Plus il est grand, plus le tri est mauvais.

4- Le skewness ($sk\phi$): Selon IRMAN (1952):

$$sk\phi = \frac{M\phi - M_d}{\sigma\phi}$$

Proportionnel à l'écart entre la moyenne et la médiane, il révèle par conséquent le degré de symétrie de la courbe de distribution. Un skewness positif indique un meilleur tri des particules fines, alors qu'un skewness négatif révèle un meilleur tri des particules grossières.

$$5- \text{ Le kurtosis (B}\phi\text{)} : B\phi = \frac{\frac{1}{2}(\phi_{16} - \phi_5) + \frac{1}{2}(\phi_{95} - \phi_{84})}{\sigma^3}$$

Cet indice proposé par IRMAN indique à quel point les bouts de la courbe dans un sédiment s'éloignent de la moyenne. Un kurtosis de 0.65 indique une courbe normale parfaite tandis qu'un kurtosis plus grand indique une courbe plus étalée.

B- Comparaison entre les sédiments fluvioglaciaires et les sédiments lacustres:

1- Les pourcentages de gravier, sable et limon:

Le tableau 2 montre les valeurs des indices granulométriques ainsi que les pourcentages respectifs de gravier, sable et limon contenus dans les sédiments fluvioglaciaires et lacustres. En ce qui concerne les pourcentages de ces fractions granulométriques, il n'existe guère de ressemblances entre ces deux types de sédiments. En effet, exception faite des limons, ces fractions varient dans les mêmes proportions d'un type de sédiment à l'autre.

Les pourcentages de gravier varient de 0% à 60% dans les sédiments fluvioglaciaires et de 0.04% à 63% dans les sédiments lacustres tandis que la fraction sableuse varie de 39.1% à 99.7% dans le fluvioglaciaire et de 36.5% à 98.9% dans le lacustre. Par contre, dans la fraction limoneuse, la différence est plus sensible. Les limons peuvent atteindre jusqu'à 2% dans les sédiments fluvioglaciaires et ne dépassent pas 0.71% dans

% GRAVIER	% SABLE	% SILT ET ARGILE	MUYNNE	MEDIANE	ECART-TYPE	SKEWNESS	KURTOSIS
23.30	76.26	0.31	-0.08	0.54	1.66	-0.37	0.60
14.65	85.05	0.21	0.44	0.77	1.40	-0.23	1.13
0.79	98.79	0.12	1.09	1.11	0.64	-0.03	0.89
16.11	83.54	0.31	0.36	0.69	1.43	-0.23	1.06
52.89	46.75	0.36	-0.82	-1.10	1.94	0.14	0.58
0.46	98.93	0.19	1.33	1.29	0.49	0.08	0.85
7.16	92.20	0.21	1.10	1.18	1.03	-0.07	1.22
7.55	91.86	0.18	0.60	0.71	0.88	-0.12	0.97
62.99	36.52	0.36	-1.03	-2.15	2.42	0.46	0.26
19.19	80.19	0.48	0.19	0.58	1.37	-0.28	0.74
52.72	46.81	0.46	-0.65	-1.11	1.95	0.23	0.39
58.94	40.34	0.49	-0.82	-1.80	2.38	0.41	0.25
26.86	70.81	0.29	0.00	-0.35	1.54	0.22	0.61
7.36	91.99	0.37	0.74	0.78	0.94	-0.04	1.32
57.01	42.42	0.44	-0.63	-1.44	2.27	0.35	0.29
32.67	66.82	0.71	0.04	-0.29	1.84	0.17	0.52
7.64	92.16	0.43	0.76	1.02	1.03	-0.25	0.75
0.04	98.93	0.38	1.06	1.07	0.53	-0.01	1.00
45.30	53.95	0.43	-0.45	-0.32	1.20	0.19	0.47

% GRAVIER	% SABLE	% SILT ET ARGILE	MOYENNE	MEDIANE	ECART-TYPE	SKENNESS	KURTOSIS
34.72	64.89	0.28	0.03	-0.27	1.82	0.16	0.43
60.30	39.18	0.38	-1.06	-1.12	0.76	0.07	1.54
50.50	48.81	0.34	-0.72	-1.02	2.03	0.14	0.45
1.00	98.77	0.07	1.52	1.46	0.56	0.10	0.84
1.25	96.23	2.09	2.18	2.26	0.93	-0.08	0.76
13.24	85.08	0.64	0.86	1.09	1.70	-0.13	0.97
35.42	63.43	1.15	-0.53	-0.60	1.53	0.04	0.99
0.18	98.50	1.43	1.77	1.79	0.85	-0.02	0.64
0.56	97.30	2.01	2.01	2.03	0.89	-0.02	0.69
25.44	74.06	0.46	0.30	0.50	1.86	-0.10	0.41
5.75	93.63	0.65	0.96	1.00	1.00	-0.04	0.93
43.72	55.67	0.50	-0.58	-0.70	1.92	0.06	0.59
23.56	74.67	1.60	0.24	0.47	1.69	-0.13	0.65
0.06	99.54	0.11	1.38	1.35	0.73	0.04	0.53
0.00	99.70	0.15	1.49	1.40	0.67	0.13	0.62
0.00	97.97	1.60	2.34	2.37	0.66	-0.04	0.95
5.04	94.20	0.38	1.37	1.38	1.03	0.00	1.01

Tableau 2 Proportions et indices granulométriques des sédiments lacustres (fluvioglaciaires romaniés) et fluvioglaciaires.

les sédiments lacustres. La différence entre les pourcentages de limons contenus dans les deux types de sédiments provient vraisemblablement d'un délavage des particules fines lors du brassage des sédiments fluvioglaciaires par les vagues.

Cette proportion de limon dans les sédiments fluvioglaciaires semble normale; elle se situe à l'intérieur des pourcentages observés dans d'autres régions. Par exemple, TREMBLAY (1971) a mesuré des pourcentages de limon jusqu'à 4% dans les sédiments fluvioglaciaires du Lac St-Jean tandis que JENTUCHOWICZ (1965) observe des pourcentages de 3% de limon dans des sédiments d'eskers au Spitzberg.

2- La moyenne, la médiane et l'écart-type:

En ce qui concerne les dimensions des deux types de sédiments, la médiane est très révélatrice, surtout dans le cas d'échantillons essentiellement sableux. En effet, elle va de - 1.12 ϕ à 2.37 ϕ pour les échantillons fluvioglaciaires et de - 2.15 ϕ à 1.29 ϕ pour les échantillons lacustres. La médiane montre donc que les sédiments fluvioglaciaires à fraction sableuse importante sont moins grossiers que les sédiments les plus fins de sables lacustres.

Quant à l'écart-type (σ), il est, de façon générale, plus grand dans les sédiments de remaniement lacustre que dans les sédiments fluvioglaciaires. Par exemple, sur dix-neuf échantillons lacustres, trois échantillons ont des écarts-types supérieurs à 2 et onze autres échantillons ont des écarts-types plus grand que 1. Par contre, sur dix-sept échantillons fluvioglaciaires, un seul a un écart-type égal à 2 et seulement 8 autres

échantillons ont un écart-type supérieur à l'unité. Ces écarts-types plus petits dans les sédiments fluvioglaciaires révèlent leur tendance à être mieux triés que les sédiments lacustres.

3- Le skewness et le kurtosis:

Un skewness nul indique une courbe normale parfaitement symétrique, c'est-à-dire une ligne droite sur du papier à probabilité arithmétique. Tandis que les sédiments fluvioglaciaires ont des skewness près de 0, variant de -0.13 à 0.16, les sédiments lacustres ont un skewness oscillant entre -0.37 et 0.46. Par conséquent, les sédiments fluvioglaciaires auront tendance à s'exprimer graphiquement par des droites, tandis que les sédiments lacustres auront des courbes plus sinueuses avec des paliers, comme le démontrent les figures (7) à (13).

A l'exception de deux échantillons (ou $B\phi = 0.41$ et 0.45) très mal triés, les sédiments fluvioglaciaires ont en général des kurtosis indiquant des courbes normales peu étalées. Quant aux sédiments lacustres, de nombreux kurtosis supérieurs à 0.65 révèlent leur tendance vers un mauvais tri. On retrouve aussi, dans les sédiments lacustres, des Kurtosis anormalement bas pour trois échantillons (0.25, 0.26 et 0.29), ce qui nous amène à douter de la normalité de leur distribution; la figure 7 nous montre d'ailleurs que ces trois échantillons ont des courbes à palier, donc qu'ils sont bimodaux. Deux dimensions dominantes les caractérisent, une plus grande que -2ϕ (4mm) et l'autre plus petite que 2ϕ (0,25 mm) .

La figure (14) illustre les courbes enveloppes des sédiments lacustres et des sédiments fluvioglaciaires. Sauf un léger débordement des sédiments

-77-
GRANULOMÉTRIE

Sédiments lacustres

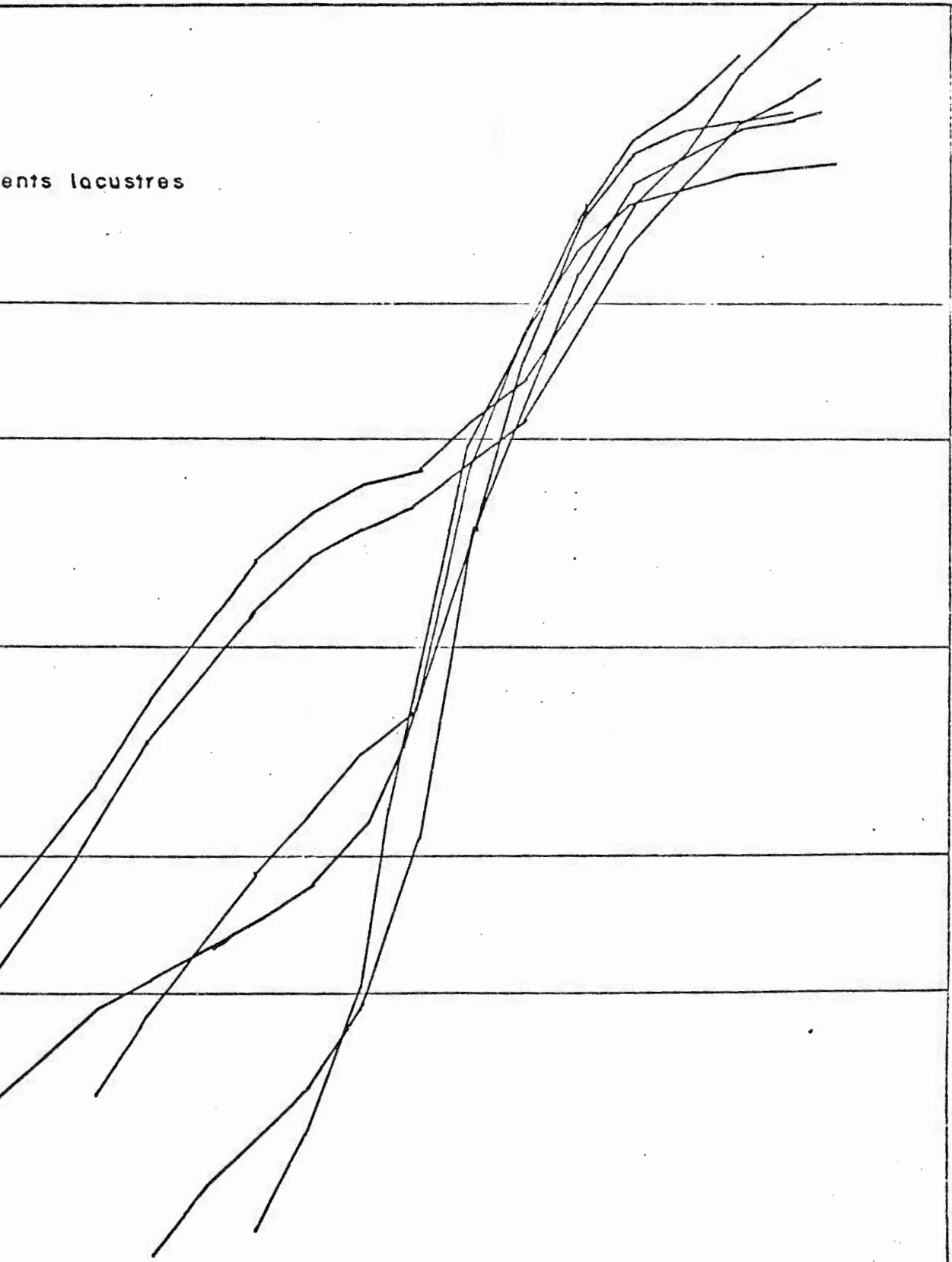
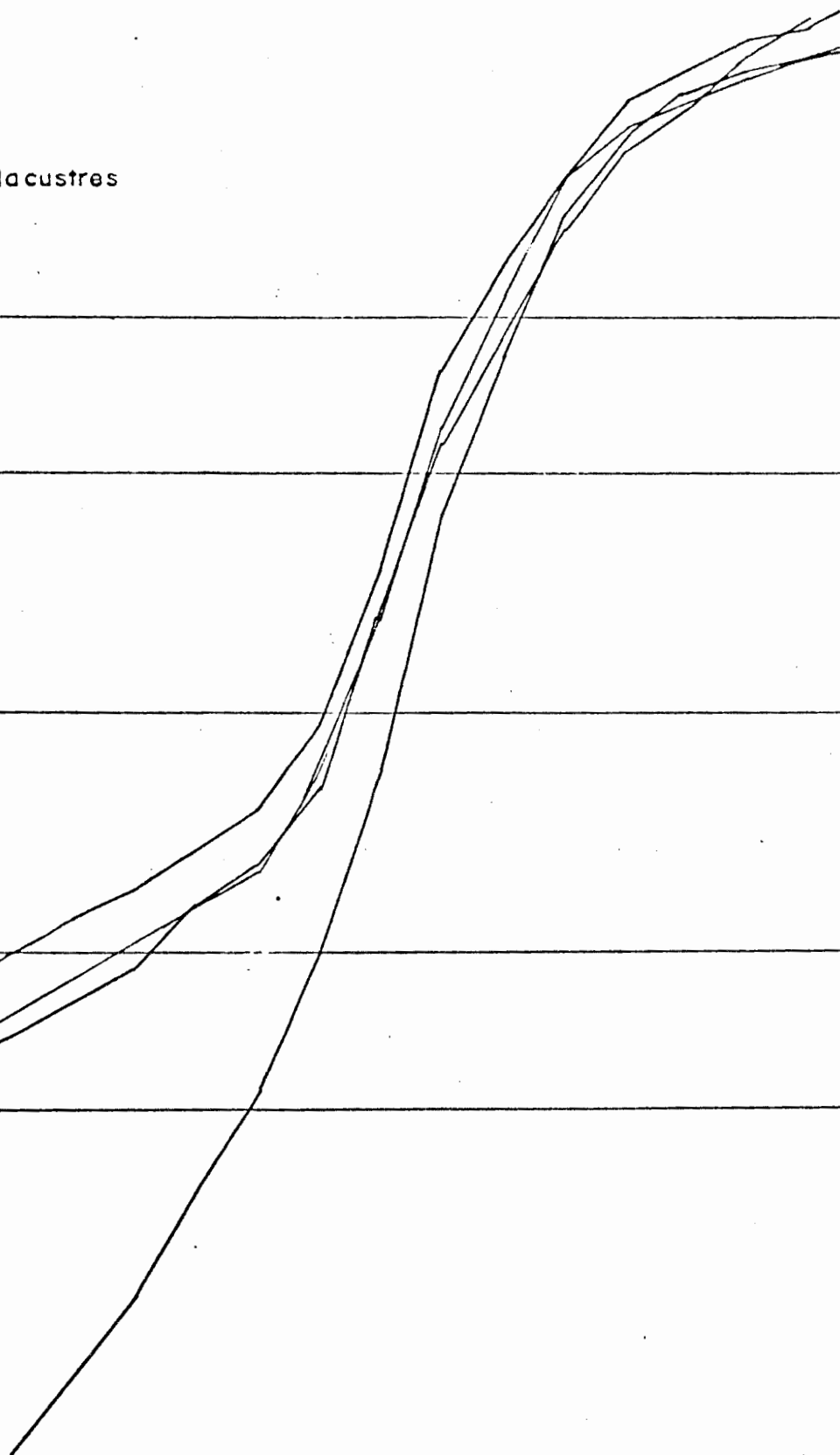


Fig. 8 Courbes granulométriques de sédiments lacustres.

-78-
GRANULOMÉTRIE

Sédiments lacustres

Fig. 9 Courbes granulométriques de sédiments lacustres.



-79-
GRANULOMÉTRIE

Sédiments lacustres

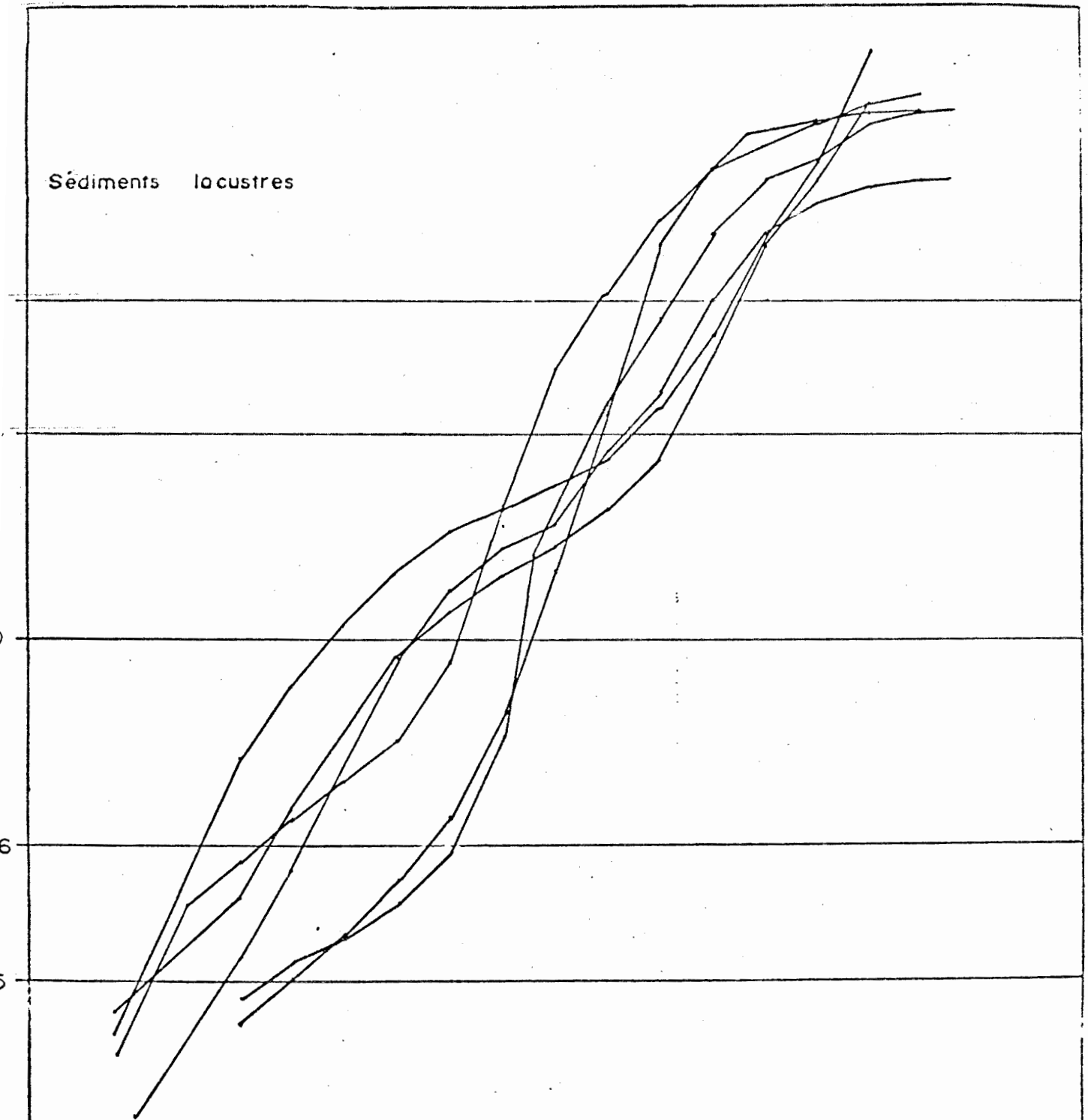


Fig. 10 Courbes granulométriques de sédiments lacustres.

GRANULOMÉTRIE

Matériel fluvioglaciaire

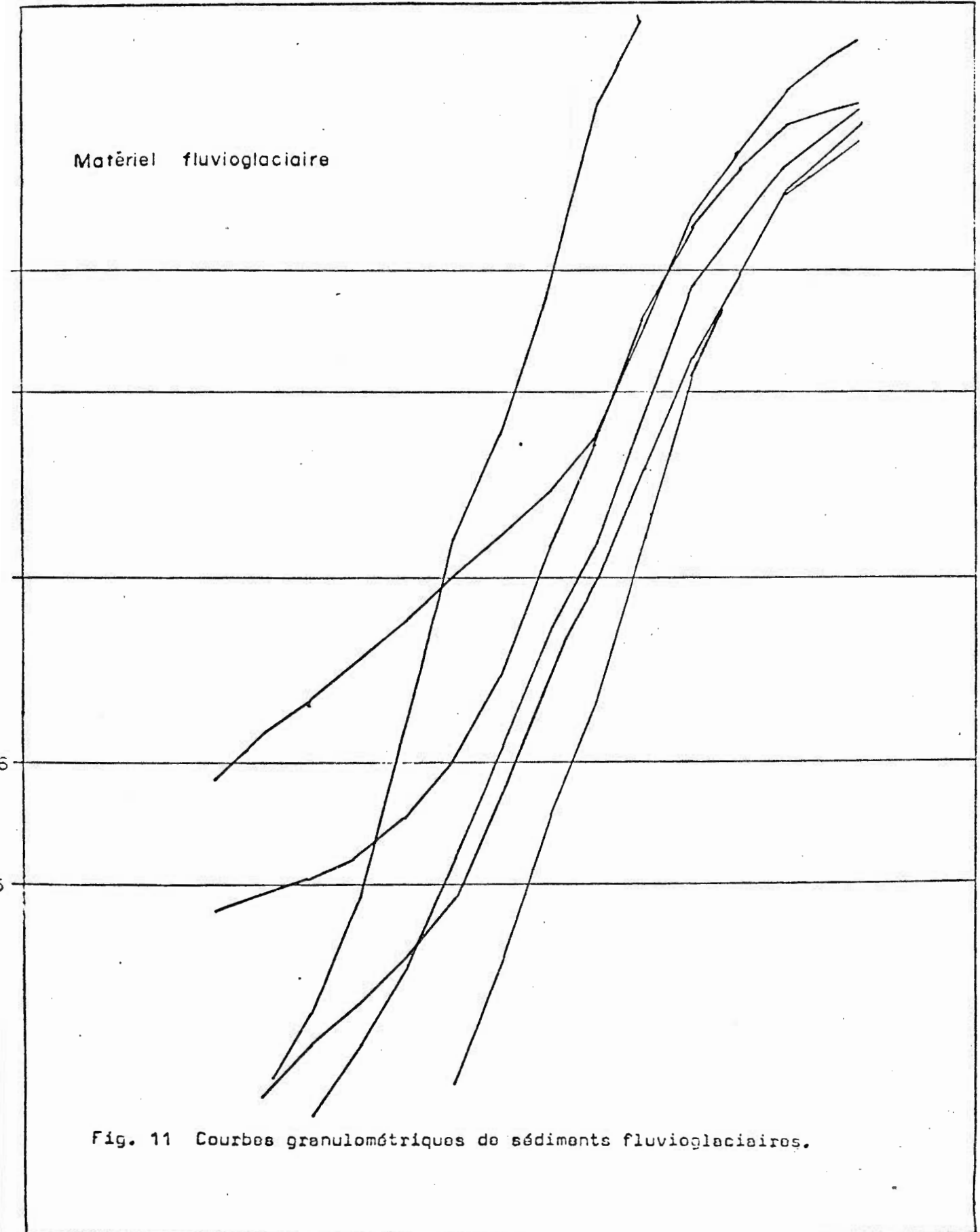
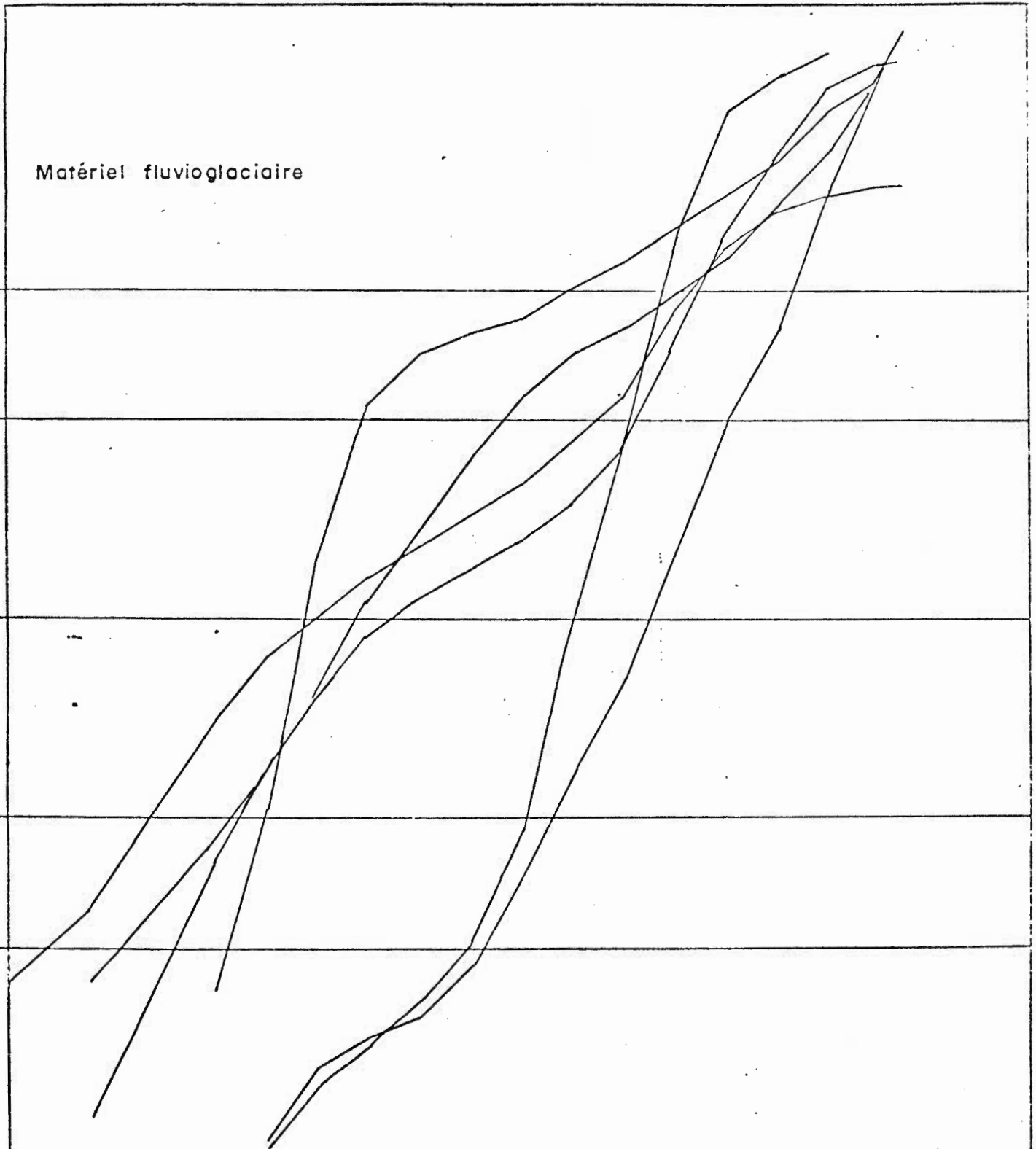


Fig. 11 Courbes granulométriques de sédiments fluvioglaciaires.

GRANULOMÉTRIE

Matériel fluvioglaciaire

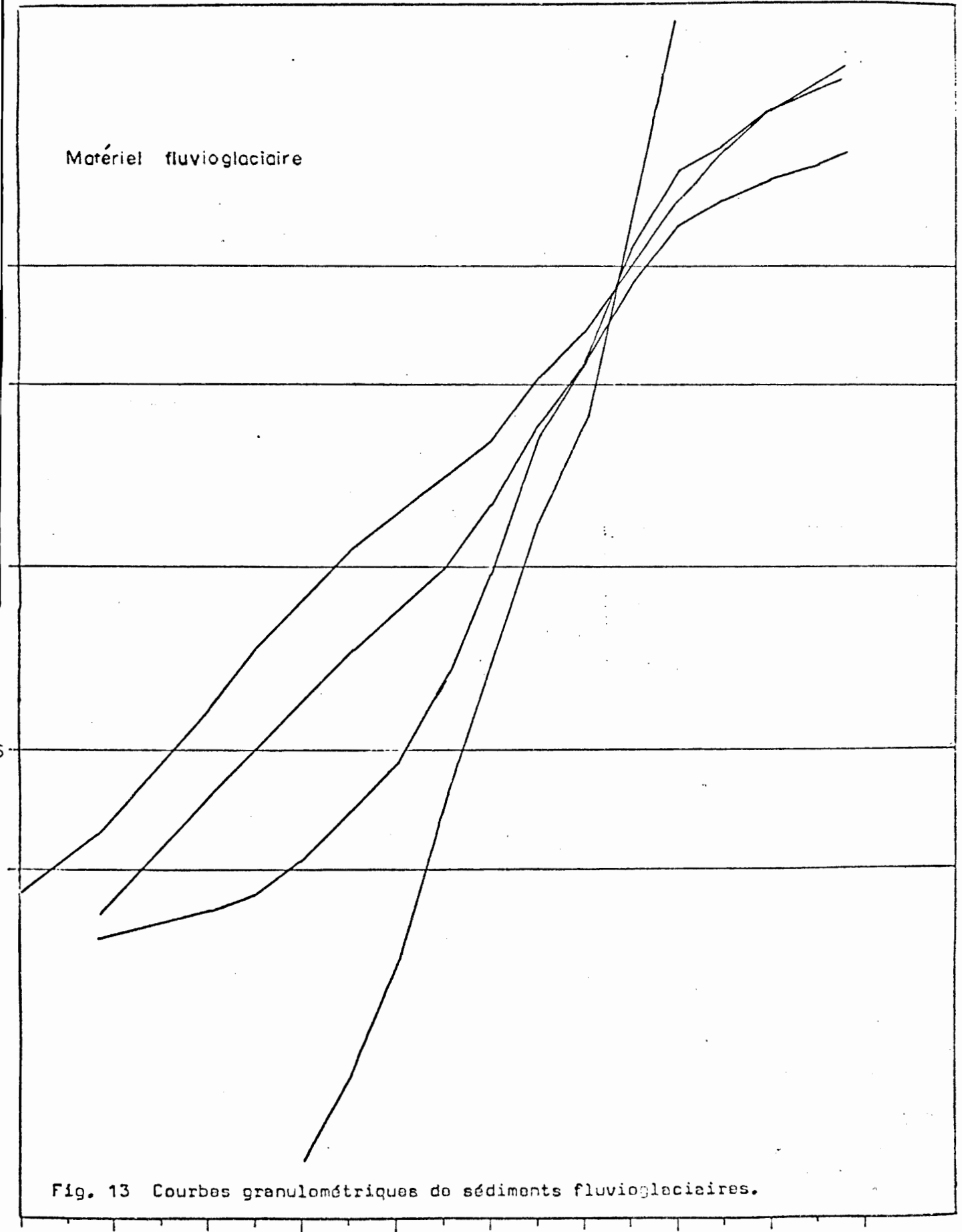
Fig. 12 Courbes granulométriques de sédiments fluvioglaciers.





-82-
GRANULOMÉTRIE

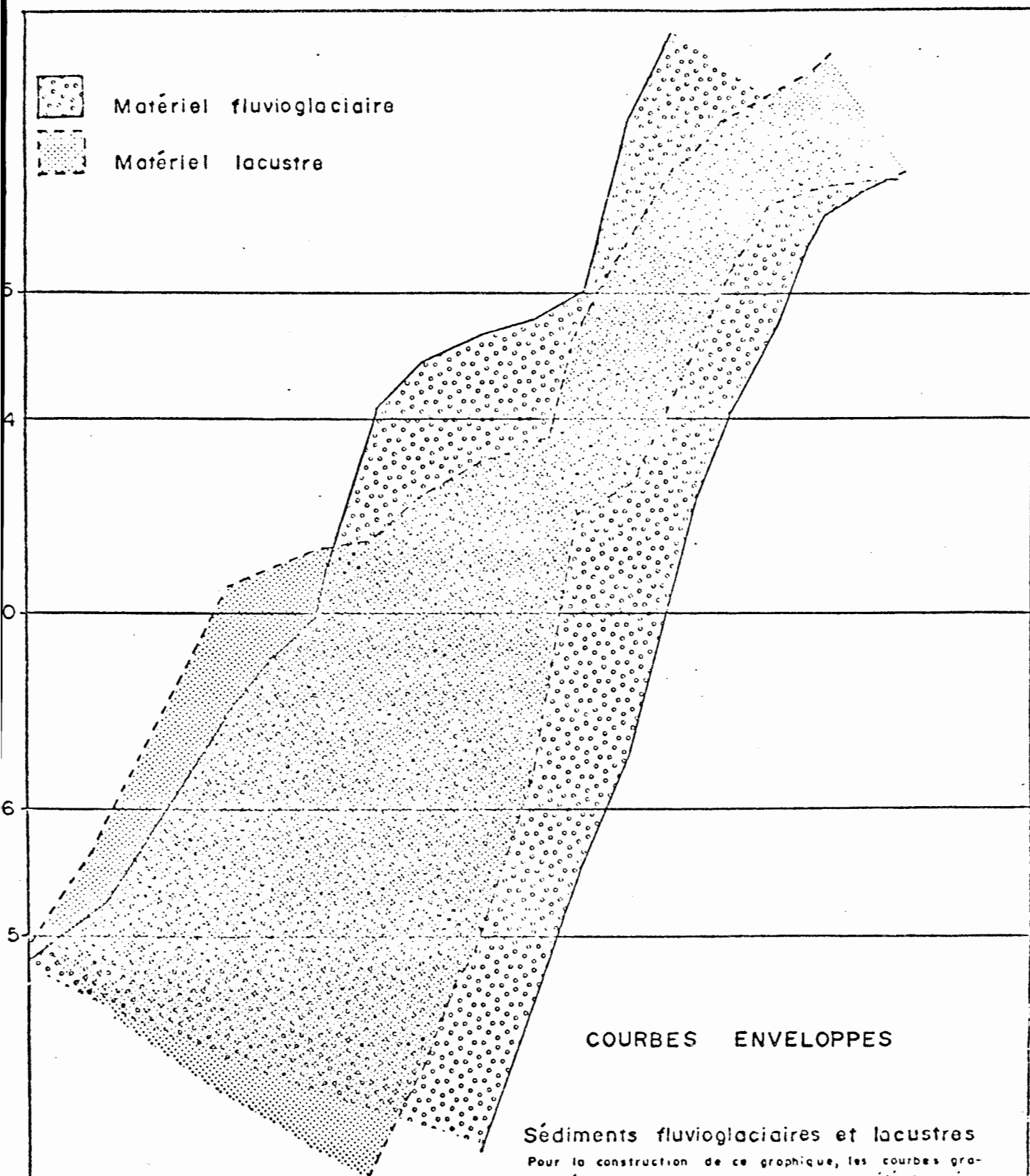
Matériel fluvioglaciaire

Fig. 13 Courbes granulométriques de sédiments fluvioglaciaires.



GRANULOMÉTRIE

-  Matériel fluvioglaciaire
-  Matériel lacustre



COURBES ENVELOPPES

Sédiments fluvioglaciaires et lacustres

Pour la construction de ce graphique, les courbes granulométriques de tous les échantillons ont été dessinées, puis seules les enveloppes ont été conservées.

lacustres dans les parties grossières, les courbes enveloppes des sédiments fluvioglaciaires contiennent les enveloppes des sédiments lacustres. Comme les sédiments lacustres proviennent du remaniement des sédiments fluvioglaciaires, nous croyons que ce graphique rend bien compte du lien de parenté existant entre les deux types de sédiments.

C- Les sédiments éoliens:

Le tableau (3) et la figure (15) nous servent à caractériser ces sédiments. Leurs médianes nous indiquent qu'ils sont composés de sable fin et leurs écarts-types révèlent un classement moyen. Quant aux paramètres de formes, des skewness presque égaux à 0 et des kurtosis très près de 0.65 indiquent des distributions normales.

La distribution régulière de ces sédiments, en comparaison avec les variations que l'on rencontre dans les sédiments fluvioglaciaires et lacustres, ne peut s'expliquer que par le mode sélectif de prise en charge des grains de sable par le vent. En effet, le vent ne prend que difficilement en charge les grains grossiers, trop lourds, et les grains fins, retenus au sol par cohésion.

Conclusion:

Trois conclusions découlent de l'examen du tableau (2), des courbes granulométriques et du graphique des courbes enveloppes, nous permettant de différencier les sédiments fluvioglaciaires et les sédiments lacustres:

- 1- Les sédiments fluvioglaciaires peuvent contenir une plus grande proportion de limon que les sédiments lacustres.

SEDIMENTS ÉOLIENS

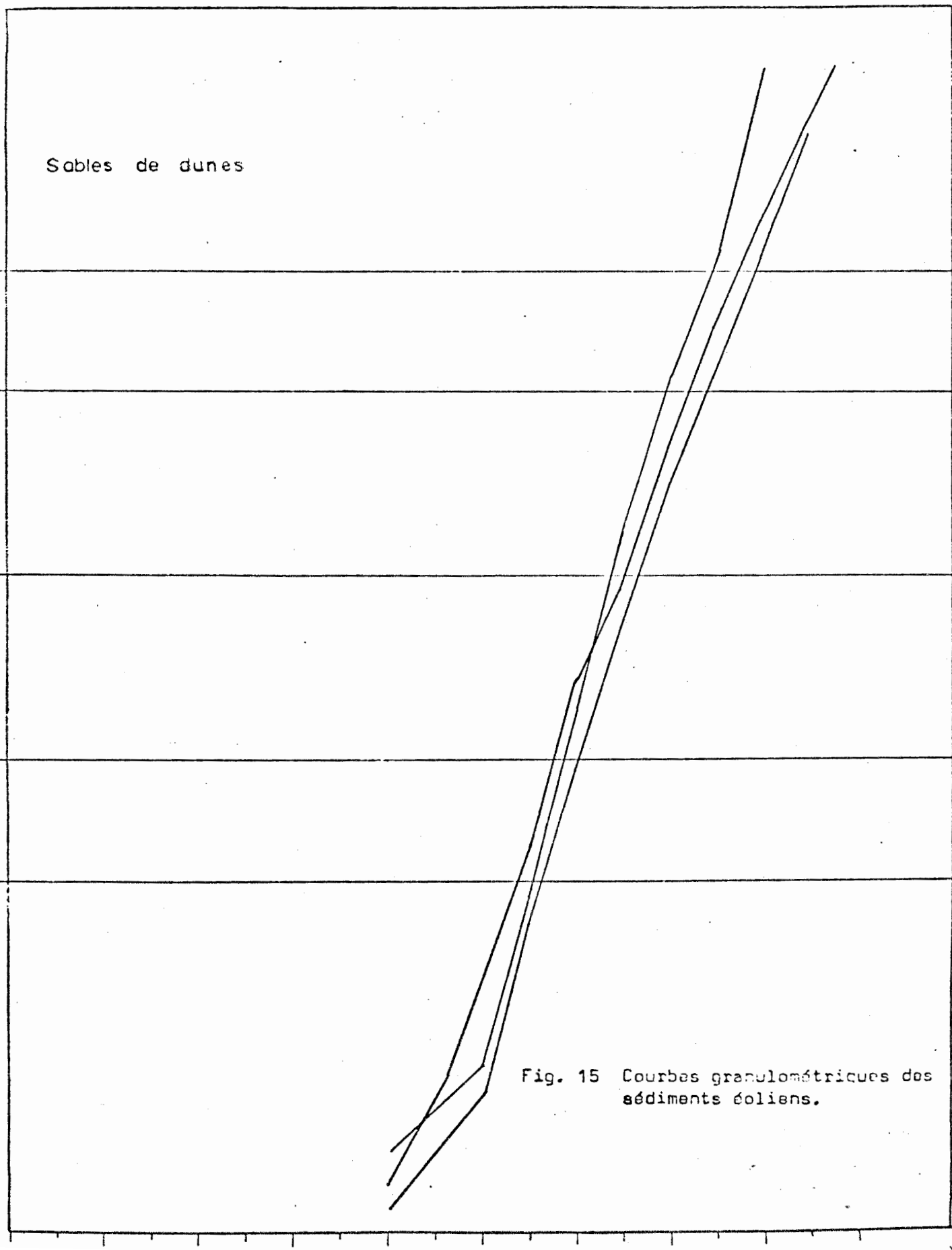
% GRAVIER	% SABLE	% SILT ET ARGILE	MOYENNE	MEDIANE	ECART-TYPE	SKEWNESS	KURTOSIS
0.00	97.27	3.15	2.54	2.55	0.74	-0.01	0.72
0.00	99.71	0.97	2.37	2.37	0.58	0.00	0.66
0.00	95.66	4.65	2.71	2.68	0.71	0.04	0.67

Tableau 3 Proportions et indices granulométriques des sédiments éoliens.

-86-
GRANULOMÉTRIE

Sables de dunes

Fig. 15 Courbes granulométriques des
sédiments éoliens.



- 2- Les sédiments fluvioglaciers ont une tendance générale à être mieux triés que les sédiments lacustres: tendance qui se manifeste par des écarts-types (σ) moins grands et des courbes plus redressées.
- 3- Alors que les échantillons fluvioglaciers se caractérisent par des distributions normales, certains échantillons lacustres ont tendance à être bimodaux. Ceci s'exprime par des skewness (a) plus grands et des kurtosis (B) anormalement petits.

L'ensemble de nos données granulométriques permet, à notre avis, une approche somme toute satisfaisante, mais mitigée (compte tenu du nombre restreint d'échantillons étudiés) de la caractérisation des conditions de mise en place des sédiments des eskers abitibiens. Ces données permettent de la même façon de faire la différence entre les sédiments fluvioglaciers et les sédiments lacustres provenant de leur remaniement par les vagues.

En supposant que nos échantillons soient représentatifs, la granulométrie nous permet donc d'inférer légèrement sur le milieu de sédimentation des eskers. Par exemple, certains échantillons fluvioglaciers contiennent des sables et un peu de limon tandis que d'autres sont essentiellement graveleux, ce qui indique des débits très variables dans les eskers. Par contre, on remarque dans chaque échantillon fluvioglacier, donc dans des strates particulières, des distributions normales, indicatrices d'une sédimentation uniforme, tandis qu'un remaniement par les vagues semble favoriser la ségrégation de plus d'une dimension dans un même échantillon, donnant des distributions bimodales. Il demeure toutefois qu'une caractérisation du milieu de sédimentation serait moins complète sans une étude des structures sédimentaires qui rendent grandement compte du mode de mise en place des

eskers abitibiens.

CHAPITRE VIII

Les structures sédimentaires

Sommaire:

- A) Les structures liées à la mise en place des eskers: p. 90
- B) Les structures de déformation: p. 105
- C) Les structures liées au remaniement lacustre: p. 110

VIII

Les structures sédimentaires

Ce chapitre est consacré aux caractéristiques des structures sédimentaires des sédiments fluvio-glaciaires et associés. Nous étudierons, dans une première partie, les structures liées à la mise en place des eskers, puis, dans la seconde partie, nous examinerons les structures de déformation des sédiments fluvio-glaciaires, et enfin, en troisième lieu, nous décrirons quelques structures liées au remaniement lacustre.

A- Structures liées à la mise en place des eskers:

1- Les stratifications:

Les stratifications constituent les principales structures sédimentaires des eskers. La plupart du temps elles sont évidentes dans les sables, les granules et les cailloux tandis qu'elles deviennent de plus en plus diffuses à mesure que croît la dimension des matériaux. Ces stra-



Photo 20. Sables très grossiers et granules stratifiés horizontalement dans l'esker de Matagami. Au sud de Val d'Or.



Photo 21. Structure en dôme vue en coupe transversale dans un esker. La pelle au centre donne l'échelle. Au sud de Villemontel.



Photo 22. Stratification oblique dans des graviers et des blocs de l'esker de Matagami. Les lits s'inclinent vers l'est. 15 km au nord du lac Obalski.

tifications s'inclinent le plus souvent vers l'aval et vers les côtés de l'esker. l'inclinaison des lits varie de l'horizontalité à l'angle de repos des sables et graviers. A l'intérieur des stratifications, surtout dans les dépôts sableux et graveleux, se distinguent des lits majeurs et des lits mineurs. Les lits majeurs mesurent en général de 30 à 60 cm (1 à 2 pieds) d'épaisseur tandis que les lits mineurs, compris dans les précédents, atteignent rarement plus de 1 cm de puissance. Dans les coupes où la granulométrie est hétérométrique, la stratification s'estompe et devient très diffuse. Ce faciès indique alors une mise en place très rapide durant laquelle les eaux de fusion n'ont pas eu le temps d'effectuer un tri dans les matériaux.

FLINT (1947) parle de structure interne en voûte dans les eskers. Les orientations de stratifications mentionnées plus haut semblent correspondre à son observation. A Villemontel photo(21), nous avons observé un exemple parfait de cette structure.

2- Les sédiments proximaux et les sédiments distaux:

Les variations dans la taille et le tri des sédiments d'une strate à l'autre sont courantes. A plusieurs endroits, deux granulométries associées à deux types de stratifications se superposent. Dans la majorité des cas, le faciès inférieur est grossier, comportant des cailloux, des galets et des blocs; sa stratification, bien qu'évidente, est diffuse et correspond surtout à une orientation homogène des galets dans un même lit. Quant au faciès supérieur, il est plus fin et composé avant tout de sables et de granules tandis que sa stratification se compose de lits majeurs et de lits mineurs (photo 23). Cette disposition révèle que, là où on l'observe, la

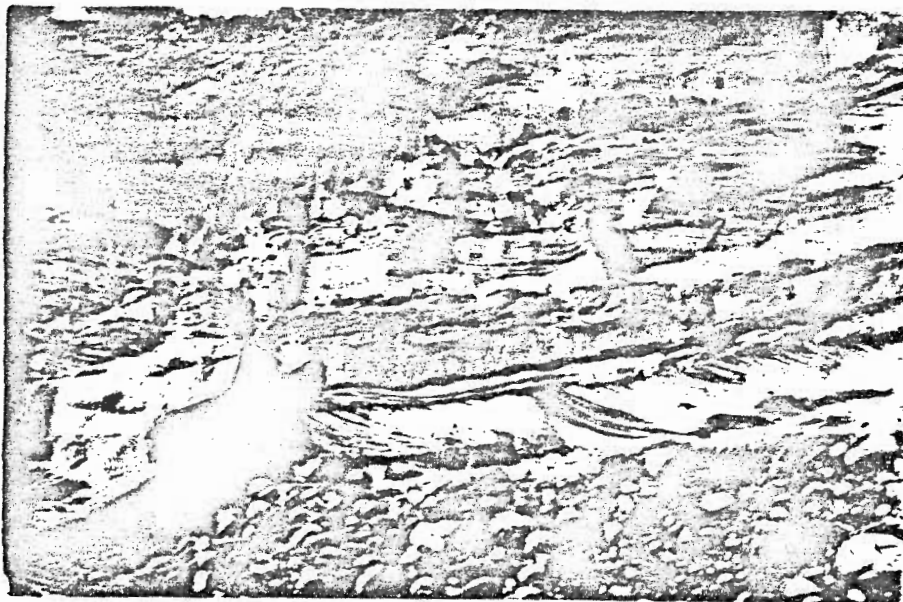


Photo 23. Coupe verticale dans un esker montrant la superposition de matériel distal sur du matériel proximal. Remarquer les lits mineurs et les micro-failles dans les sédiments distaux. Extrémité nord de la route de Matagami.

mise en place de l'esker s'est effectuée en deux étapes. Les sédiments inférieurs, plus grossiers, ont une origine moins éloignée que les sédiments sus-jacents; on les dit proximaux, tandis que les sédiments supérieurs sont appelés distaux.

Dans les sédiments distaux, l'inclinaison des lits majeurs est parallèle à l'orientation générale des galets dans les sédiments proximaux; les lits mineurs, par contre, ont de fortes inclinaisons (jusqu'à 20 degrés) vers l'aval. La surface de contact entre les deux faciès, toujours très nette est généralement conforme à l'inclinaison des lits majeurs des sédiments distaux et parallèle à l'orientation des galets du faciès proximal.

Il est difficile de dire les moments exacts de la mise en place de ces deux types de matériaux; toutefois, nous pouvons suggérer une origine sous-glaciaire pour le matériel proximal et une origine pro-glaciaire pour le matériel distal. La morphologie des collines fluvioglaciaires, vue précédemment (p.23) semble corroborer cette hypothèse.

3- Les alternances dans les stratifications:

Une coupe, dans une gravière à l'intersection des routes de Matagami et de Joutel, nous a montré une alternance de lits de gravier et de lits de sable (photo 24). Si on interprète chaque séquence gravier-sable comme étant annuelle, on conclut que l'édification de cette coupe a duré au moins deux ans. Cependant, la coupe n'atteignant pas le socle rocheux ni la moraine, l'esker peut s'être formé à cet endroit sur une période plus longue que deux ans. MICHALSKA (1971, p. 150) observe des dispositions similaires dans les eskers du centre de la Pologne: " Sometimes these sets may over-



Photo 24. Alternance de lits de gravier et de lits de sable d'apparence cyclique. Coupe verticale à l'intersection des routes de Matagani et de Joutel. La personne dans le coin inférieur gauche donne l'échelle.

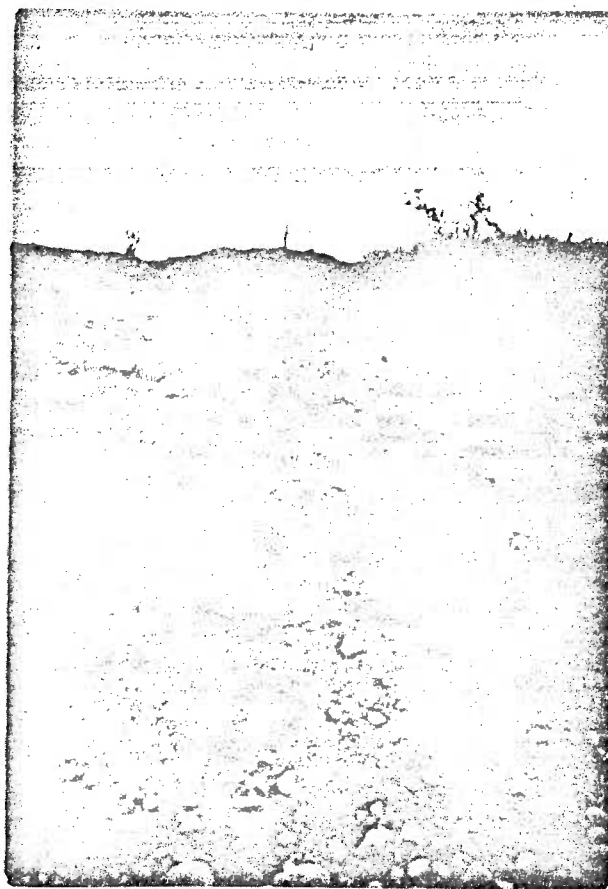


Photo 25. Coupe verticale montrant un lit de sable très fin (flèche) intercalé entre des graviers et un lit de blocs. Remarquer, au-dessus du lit de sable très fin le mélange de blocs et de sable. Sud de Taschereau.

lap each other completely. Maximum three overlapping sets have been observed in one esker profile".

Un examen stéréoscopique de l'esker, à partir de photos prises avant l'exploitation de la gravière, montre qu'il était formé, sur quelques centaines de mètres, de bourrelets successifs, coalescents, et mal individualisés. Cette succession, associée au fait que les séquences, probablement annuelles, se recouvrent, nous rappelle le schéma d'ANTEVS (fig. 16), illustrant une mise en place au débouché d'un tunnel sous-glaciaire.

4- Les lits d'étiage et les lits de crue:

Des lits à granulométrie très différente peuvent parfois se succéder dans une même coupe. Les cas les plus remarquables sont ceux dans lesquels des graviers ou des blocs furent déposés sur un lit de limon ou de sable fin (photo 25). Il en résulte un mélange entre les deux lits, les blocs s'étant enfoncés et ayant roulé dans le sable fin et le limon.

La très grande différence entre les vitesses nécessaires au transport de particules de calibre si différent indique que le débit fluvioglaciaire devait être très variable et qu'à des périodes très calmes d'étiages pouvaient succéder des périodes de crues très violentes. De telles variations dans le débit des eaux de fonte ne peuvent être que la conséquence de variations de température lors du retrait glaciaire.

5- Les "cut and fill"

Les ravinelements, ou "cut and fill", sont nombreux dans les eskers

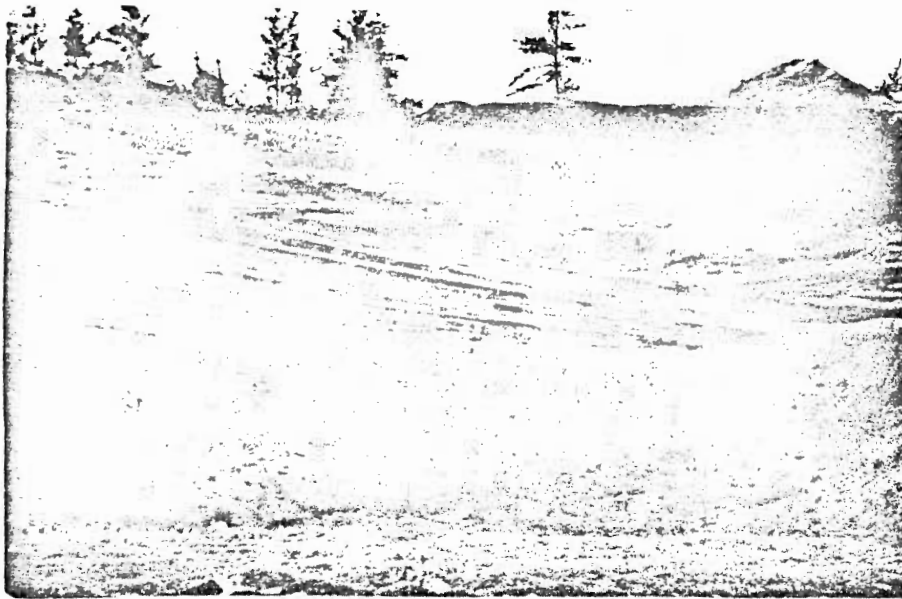


Photo 26. "Cut and fill". Remarquer que les lits inférieurs sont tronqués par les lits supérieurs. Les lits supérieurs s'inclinent vers l'arrière plan. La structure indique un changement important dans la direction d'écoulement des eaux fluvio-glaciaires. Sud de Taschereau.



Photo 27. "Cut and fill" dans des sédiments d'esker. SW d'Amos.



Photo 23. "Cut and fill" dans des sables grossiers de l'esker de Matagami. Les sédiments proximaux apparaissent au bas de la coupe. Hauteur de la coupe, 13 m (40 pieds). Extrémité nord de la route de Matagami.

d'Abitibi. Leur disposition indique une érosion des sédiments de base par un cours d'eau suivie d'une sédimentation subséquente recouvrant le tout. Ils apparaissent, semble-t-il, à tous les niveaux des gravières, quoique en général ils soient plus fréquents près du sommet des coupes. La photo (27) nous montre un "cut and fill" situé à une profondeur d'une vingtaine de mètres (65 pieds) et faisant partie de la structure interne de l'esker. Par contre, toutes nos autres photos ainsi que d'autres observations de terrain montrent des "cut and fill" près de la surface du sol. Il faut donc conclure que ces ravinements, sauf exceptions, semblent associés à la phase terminale de la sédimentation fluvio-glaciaire, alors que l'édification de l'esker tirait à sa fin.

Les "cut and fill" atteignent parfois 10 m (30 pieds) de largeur. Or, les eskers dans lesquels on les retrouve peuvent atteindre plus de 1 km (0.60 mille) de largeur. Puisque les "cut and fill" proviennent de l'érosion par des cours d'eau, on peut donc conclure que lors de leur creusement, au stade final de la formation des eskers, il n'y avait que de petits cours d'eau oscillant à la surface des dépôts fluvio-glaciaires, formant probablement des réseaux anastomosés.

6- Les rides de courants:

Dans les couches supérieures d'une gravière située à 1 km (0.62 mille) à l'ouest du village de Lacorne, nous avons pu observer des rides de courant asymétriques d'une netteté remarquable (photo 29). L'orientation E-W de leurs crêtes et leur asymétrie vers le sud indiquent qu'elles ont été formées dans un cours d'eau coulant du nord vers le sud. La migration de ces rides s'accompagne d'un feuillage et d'une pseudo-stratification



Photo 29. Coupe verticale illustrant des rides de courant asymétriques dans des sédiments fluvio-glaciaires. Le courant coulait de droite à gauche, i.e. du nord au sud. Remarquer le feuilletage et la pseudo-stratification en sens inverse du courant. Lacorne.

dans le sens inverse du courant qui les a formées. Ces rides correspondent aux rides de type B étudiées par AARIO (1972); ce dernier auteur observe et classe en types une succession de rides de courant dans un esker finlandais et en infère les conditions du courant qui les a formées.

B- Les structures de déformation:

1- Les failles:

Les failles sont très fréquentes dans les sédiments d'eskers. Elles sont presque toujours normales et peuvent former des réseaux complexes (photo 32). Leur décrochement varie considérablement d'une à l'autre; les petites, dites microfailles, ont des décrochements verticaux de l'ordre du centimètre (0.25 pouces) tandis que les plus grandes peuvent avoir des rejets atteignant 5 m (15 pieds). La plupart de ces failles sont normales et peuvent même former de petits grabens; elles doivent vraisemblablement leur origine à une contrainte verticale, probablement la gravité, ou appel au vide. Evidemment, cette hypothèse exclut les microfailles, qui peuvent être expliquées par la compaction du matériel peu après sa déposition.

L'appel au vide dans les sédiments fluvioglaciaires peut se faire de deux façons: par l'effondrement des versants à la suite de la fonte des parois de glace qui les supportaient et par la fonte de blocs de glace morte enfouis sous les dépôts. Nous croyons que l'effondrement des versants a fortement influencé la formation de certaines failles. Par contre, une très grande quantité de failles apparaissent dans la structure interne des eskers. Ces dernières doivent donc vraisemblablement leur formation à la

fonte de blocs de glace enfouis.

Ces failles ont pour la plupart un remplissage de sable, visible à la photo (32). De toute évidence ce sable provient des épointes. A cause de la grande profondeur de la coupe illustrée, il ne peut s'agir ici d'un remplissage en provenance de la surface comme en mentionne FREMLAY (1971) au Lac St-Jean.

Nous sommes portés à croire que ces sédiments n'étaient pas gelés lors de la formation de ces fractures. En effet, la plupart des eskers furent un certain temps submergés sous les eaux du lac Barlow-Ojibway. Il aurait fallu alors que le gel des matériaux se fut produit après le retrait du lac glaciaire. Or, les blocs de glace enfouis ont eu amplement le temps de fondre sous les eaux lacustres. Selon THIELLAF (p. 122) " la présence de blocs de glace enfouis donne de telles cassures, ..., mais ne nécessite pas nécessairement un gel des matériaux." Le même auteur (1973 p. 11) rapporte de plus avoir observé au SE d'Amos des failles dans les sédiments d'esker n'affectant pas les sédiments de reranement lacustre qui se trouvent au-dessus. Elles se sont donc formées avant que le niveau du lac glaciaire soit suffisamment abaissé pour que les vagues s'attaquent aux eskers.

Il semble donc, à la lumière de ces faits, que la plupart des failles affectant les sédiments d'eskers abitibiens soient dues à un appel au vide résultant de la fonte des parois de glace et de la fonte de blocs de glace enfouis et que ces structures d'effondrement se soient formées dans des conditions sub-aquatiques, sous la surface des eaux du lac Barlow-Ojibway.



Photo 30. Coupe verticale montrant un lit dressé verticalement à la suite de l'abaissement des sables de la partie droite par appel au vide. NE de Val d'Cr. Hauteur de la coupe, 3 m (10 pieds) .

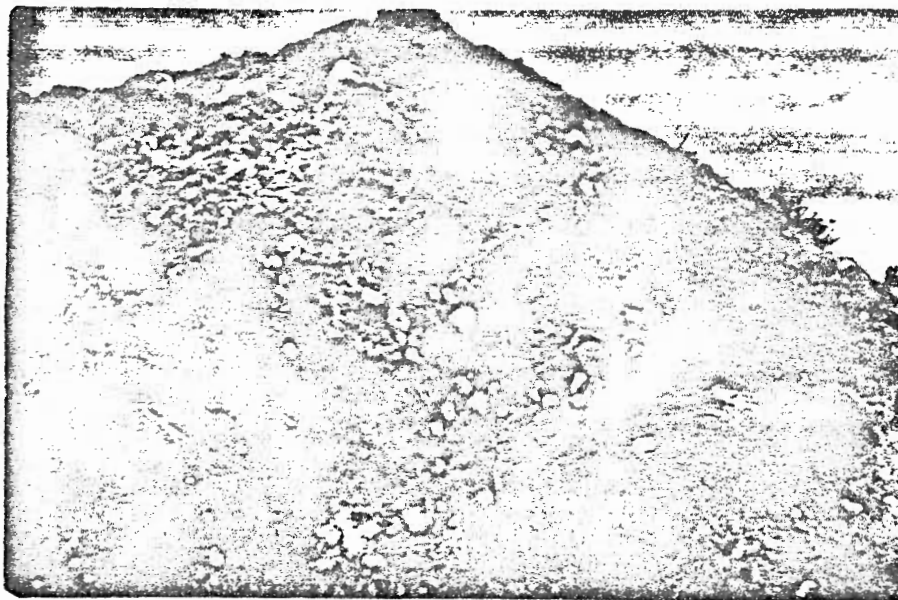


Photo 31. Coupe verticale montrant une injection de matériaux dans du matériel d'esker. Une masse de blocs s'enfonce vers le bas à travers les lits de granules et de gravier fin. Remarquer les plissements et les microfailles de part et d'autre de l'injection ainsi que l'orientation vers le bas du plus long axe des blocs. Sud de Taschereau.

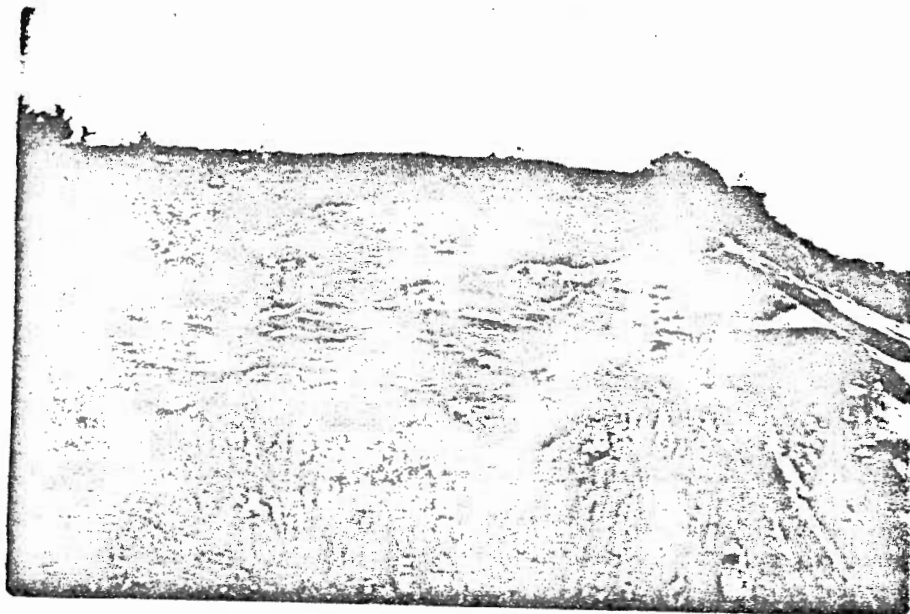


Photo 32. Réseau de failles normales dans les sédiments de l'estier de Matarani. Remarquer le remplissage de sable le long des plans de faille. NE de Val d'Or.

2- Les injections de matériaux.

La photo (31) illustre un exemple d'injection de matériel que nous avons pu observer. Cette photo montre un ensemble de blocs de forme grossièrement conique s'enfonçant comme un coin à travers les strates sous-jacentes de granules et de gravier. Ces strates fines sont déformées de part et d'autre de l'injection de blocs; on y remarque des plissements et des petites failles dont les décrochements indiquent que le mouvement de l'injection s'est effectué du haut vers le bas, à travers les lits de granules et de gravier. Le plus long axe des blocs plonge vers le bas, indiquant ainsi que la formation de cette structure s'est accompagnée d'un déplacement et d'une rotation des blocs.

Cette structure ne peut être à notre avis une fente de gel, à cause de la profondeur (6m, 20 pieds) à laquelle nous l'avons observée. Cette injection de matériaux s'apparente selon nous, à une plus grande échelle des matériaux, à des dykes clastiques. Les graviers, imbibés d'eau, auraient pu céder sous le poids du lit de blocs à la suite d'un appel au vide quelconque, probablement dû à la fonte d'un bloc de glace enfoui. L'imbibition d'eau du matériel pourrait s'expliquer par le fait que l'esker était submergé sous les eaux du lac Barlow-Ojibway.

C- Les structures liées au remaniement lacustre:

Les principales structures de remaniement lacustre se présentent sous forme de pavage de blocs, d'inclusions d'argile et d'inclusions de blocs isolés dans les sédiments fluvio-glaciaires.



Photo 33. Pavage de blocs près du sommet d'une coupe dans l'esker de Matagami. Hauteur de la coupe 10 m (30 pieds). L'altitude du pavage est d'environ 333 m (1100 pieds). A l'est du lac Obalski.

1- Les pavages de blocs:

Les pavages de blocs se situent au maximum à 1 m (3 pieds) sous la surface du sol. Ils sont en général parallèles à la surface et tronquent les couches sous-jacentes lorsque celles-ci ont de fortes inclinaisons, créant ainsi des discordances angulaires. On les retrouve toujours à une altitude inférieure au niveau maximum du lac Earlow-Ojibway, soit 363 m (1200 pieds). Dans bien des cas, ils constituent la limite inférieure des horizons pédologiques et le matériel au-dessus de ces pavages est généralement sableux.

Ces pavages de blocs marquent, à notre avis, la profondeur maximum des sédiments de remaniement lacustre. C'est-à-dire que les matériaux sous les pavages sont des sédiments fluvio-glaciaires non-remaniés tandis que les blocs eux-mêmes et le sable qui est au-dessus seraient des sédiments de remaniement lacustre. La ségrégation des blocs peut s'expliquer par un dégagement de la matrice sableuse par les vagues de translation. Les glaces flottantes du lac Earlow-Ojibway ont pu jouer un rôle dans leur formation, en étalant également les blocs. Le sable du dessus est un matériel de plage amené probablement par la redéscente des vagues d'une plage sableuse située à proximité.

2- Les inclusions:

Dans une gravière située à environ 20 'm (12 milles) au nord du lac Oblaski, nous avons observé plusieurs inclusions de blocs précambriens isolés et de lentilles d'argile dans des sables et des granules. La photo (34) montre ces deux types d'inclusions voisins l'un de l'autre. Nous classons ces structures parmi les structures de remaniement lacustre



Photo 34. Inclusions d'un bloc précambrien (à gauche) et d'une lentille d'argile lacustre dans les sédiments distaux de l'esker de Matagami. Remarquer la structure circulaire au sein de la lentille d'argile, indiquant un roulement de la pellicule argileuse sur le fond d'un cours d'eau. Profondeur 3 m (25 pieds). 20 km (12 milles au nord du lac Obelski)



Photo 35. Coupe verticale montrant la superposition d'argile glaciolacustre (partie supérieure) sur des sédiments fluvio-glaciaires sableux et granuleux. Diparquet.

à cause de l'aspect varvé de l'argile dans les lentilles.

La structure circulaire dans la lentille argileuse apparaissant à la photo (34) indique un roulement de l'argile dans un courant de direction N-S. Cette structure a été observée à 8 m (25 pieds) de profondeur dans la partie interne de l'esker de Matagami, dans des sables grossiers distaux. Vu la profondeur à laquelle cette structure se trouve, on ne peut que difficilement l'attribuer au remaniement lacustre. Seul un arrêt temporaire de l'écoulement fluvio-glaciaire peut rendre compte du dépôt d'un lit d'argile dans l'esker. A la suite de la reprise du courant fluvio-glaciaire, cette pellicule argileuse aurait pu être entraînée et roulée par endroits.

MICHALSKA, (1971) en Pologne, a démontré que des phases lacustres, résultant d'un arrêt momentané de sédimentation de sables et graviers dans un esker, peuvent laisser ainsi des sédiments argileux dans le cours de l'esker. Cet auteur mentionne de plus que ces phases lacustres peuvent se produire dans des crevasses à l'air libre, et même dans des tunnels sous-glaciaires. Quant aux blocs précambriens isolés, ils peuvent être tombés du haut des parois de l'esker, ou avoir été transportés par les glaces flottantes.

Conclusions:

Les structures sédimentaires, associées aux aspects morphologiques des divers types d'esker que nous classons à l'étape suivante, vont nous permettre de mieux comprendre les modes de mise en place des eskers abitibiens. Auparavant, quelques faits importants doivent être retenus:

- 1- Les sédiments proximaux et les sédiments distaux indiquent par endroits deux étapes de sédimentation dans les eskers.

- 2- Les eskers présentent parfois des séquences sédimentaires de nature cyclique.
- 3- De nombreux blocs de glace morte furent enfouis sous les sédiments fluvioglaciaires et fondirent par la suite.
- 4- La sédimentation fluvioglaciaire des eskers a pu parfois connaître des phases d'arrêt caractérisées par les résidus de lits d'argile et par des lits de sable très fin et de limon.

CHAPITRE IX

Distinction des critères de classification

Sommaire:

- A) Hypothèses de départ: p. 118
- B) Les étapes de l'analyse en facteurs communs: p. 121
- C) Détermination des segments et choix des variables: p. 128
- D) Analyses: p. 132

IX

Distinction des critères de classification

Les analyses multivariées comptent parmi les plus puissants algorithmes de classification. L'analyse en facteurs communs est ici utilisée. Avant de discuter des résultats de l'application d'une telle technique sur nos eskers, il serait bon d'en repasser brièvement les principes généraux. Toutefois, nous ne nous en tiendrons qu'aux définitions et aux mesures intéressant notre travail.

A- Hypothèses de départ:

L'analyse en facteurs communs peut être utilisée dans trois buts principaux:

- 1- Dans un but de classification ou de régionalisation d'objets ou de phénomènes plurivariés.

- 2- Pour vérifier une hypothèse portant sur des relations entre plusieurs variables.
- 3- Dans un but de recherche, afin de mieux comprendre la structure des interrelations au sein d'un ensemble composé de plusieurs variables.

Le but de nos analyses est de vérifier s'il est possible de faire dans la région étudiée une classification des eskers et, si cette classification est réalisable, de voir si elle correspond à l'une ou à l'autre des deux classifications suivantes: La première, énoncée par LUNQVIST (1965) et faite à partir de la littérature, est basée sur divers modes possibles de mise en place des eskers, selon les observations et les théories de trois auteurs:

- 1- DE GEER (1897, 1940); Les eskers sont des séries de deltas fluvio-glaciaires successifs, déposés dans le mer ou dans un lac glaciaire, aux débouchés de cours d'eau sous-glaciaires. La succession des deltas provient du recul annuel du front glaciaire. Ces eskers atteignent jusqu'à 40 m (125 pieds) de hauteur et peuvent être suivis sur des distances allant jusqu'à 250 km (215 milles) avec seulement de courtes interruptions.
- 2- STRANDMARK (1939); Les eskers sont le résultat de la sédimentation dans des cours d'eau sous-glaciaires, c'est-à-dire dans des tunnels sous l'inlandsis, de matériaux fluvio-glaciaires. Ces eskers sont fréquents au-dessus des limites marines et lacustres. Ils suivent la morphologie sous-glaciaire.

3- HOLST (1876); Les eskers sont formés par sédimentation fluvioglaciaire sub-aérienne dans des chenaux ouverts dans la glace. Ils appartiennent au niveau supra-aquatique. La plupart du temps ils sont peu élevés et ont une crête aigüe. Certains sont très courts tandis que d'autres peuvent être suivis sur de grandes distances. Ces eskers sont plutôt indépendants de la morphologie du fond.

Quant à la seconde classification, réalisée dans la région de Chibougamau par NORMAN (1938, p. 77) à partir du terrain et de photos aériennes, elle groupe les eskers en deux types principaux:

" Although there is no sharp distinction between any of these deposits, they can be grouped into annual¹ and retrogressive¹ types depending on whether or not they show periodic deposition. The smaller eskers belong to the annual type and clearly show periodic deposition; the larger eskers and sandblains are of fairly uniform character and are grouped together as retrogressive types."

Les eskers de type "annual", selon NORMAN, seraient composés de successions de deltas proglaciaires annuels, alignés et distants l'un de l'autre de 150 à 200 m (500 à 700 pieds). Leurs dimensions peuvent être assez grandes mais dans l'ensemble ils ont de 15 à 22 m (50 à 75 pieds) de largeur. Quant aux eskers de type "retrogressive", ils ont de grandes dimensions et peuvent atteindre 3000 m (10 000 pieds) de largeur. Par endroits ils s'élargissent en collines fluvioglaciaires avec crêtes centrales et doubles rangées de kettles (cf. chap. III, p.24). Dans ces gros eskers l'accumulation d'une année ne

1- Les soulignés sont de nous.

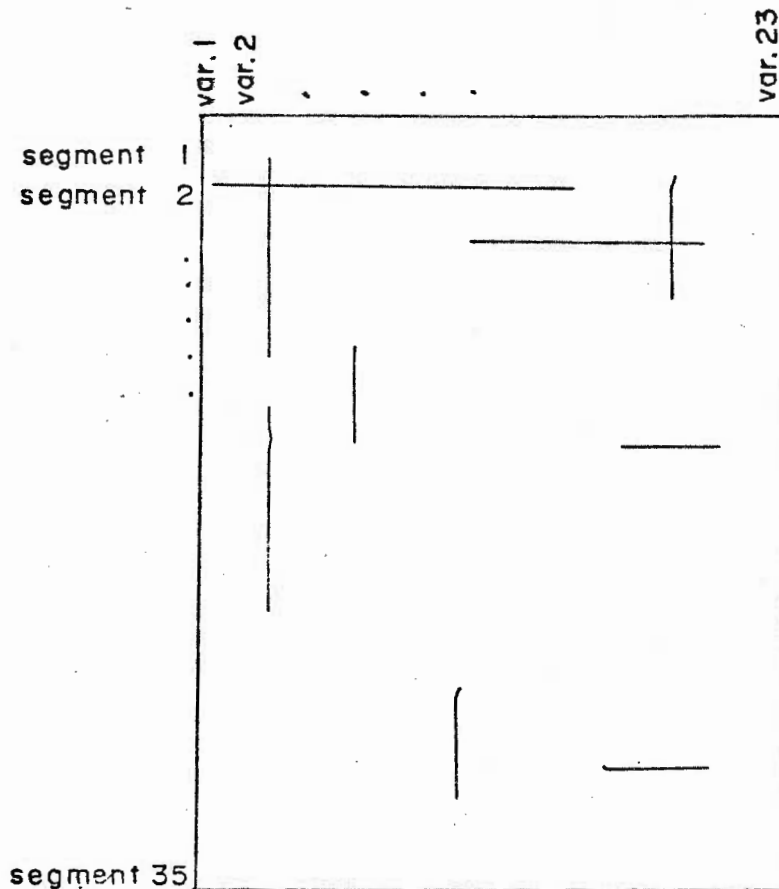
peut être distinguée de l'accumulation de l'année précédente; ils deviennent donc en réalité de perpétuels deltas ayant reculé avec le front glaciaire.

Nos analyses multivariées ont donc pour but de vérifier si une de ces deux classifications s'applique mieux que l'autre aux eskers de notre région ou si certains de nos eskers correspondent à l'un ou l'autre de ces modèles. Nous voulons voir aussi s'il n'y aurait pas des schémas nouveaux de mise en place ou encore des types hybrides entre deux ou plusieurs de ces modèles types.

B- Les étapes de l'analyse en facteurs communs:

Avant de procéder à la description des étapes de l'analyse en facteurs communs, il faut mentionner que, lors de nos analyses, nous aurons 23 variables, décrites plus loin, et que les eskers de la région auront été divisés en 35 segments. La technique de division de ces segments est aussi expliquée plus loin.

Les étapes de l'analyse en facteurs communs peuvent être représentées par une succession de matrices, qui apparaissent en annexe, et dont la première est la matrice d'information originelle. En ce qui concerne ce travail, cette matrice était bâtie dans le sens horizontal par 35 segments d'eskers et dans le sens vertical par 23 variables, chacune d'entre elles exprimant une mesure effectuée sur un segment. Cette matrice peut être représentée ainsi:



Les particularités du calcul matriciel font qu'il est préférable d'avoir, dans la matrice d'information originelle, plus de cas que de variables. Ceci parce que le nombre de facteurs extraits par l'analyse n'excède pas le plus petit nombre entre les deux suivants: nombre de colonnes et nombre de lignes.

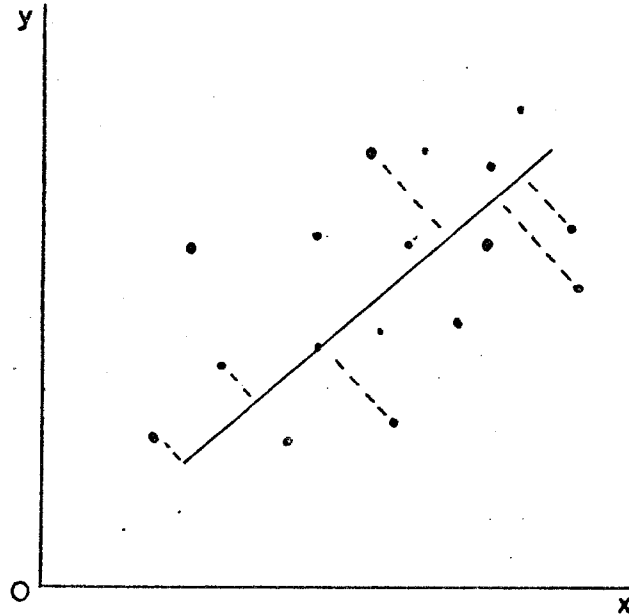
La seconde étape de l'analyse factorielle est la matrice des corrélations entre les variables. Cette matrice est symétrique, c'est-à-dire que les mêmes coefficients de corrélation se retrouvent de part et d'autre de la diagonale. Evidemment, cette matrice est carrée:

	var.1	var.2	var.23
var. 1	1			
var. 2		1		
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
var. 23				1

Les coefficients de corrélation de la diagonale, illustrant la relation de chaque variable par rapport à elle-même, sont égaux à 1. Si on laisse ces "1" en diagonale, on laisse entrer dans l'analyse plus de variance entre les variables qu'il n'en existe en réalité car à la variance entre les variables s'ajoute la variance de la variable en cause. C'est pourquoi il est permis de changer les valeurs de la diagonale, qu'on appelle communautés. Ordinairement on les remplace soit par le plus fort coefficient de corrélation de la ligne où se situe cette communauté, soit par le carré de la corrélation multiple de la variable avec les autres. Cette dernière façon d'estimer les communautés introduit dans l'analyse la plus basse proportion possible de variance commune.

C'est à l'étape suivante qu'intervient la notion de facteur. Cette notion découle de la signification qu'on accorde à un coefficient de corrélation. Il peut exister une forte corrélation entre deux variables n'ayant que très peu d'effet l'une sur l'autre.

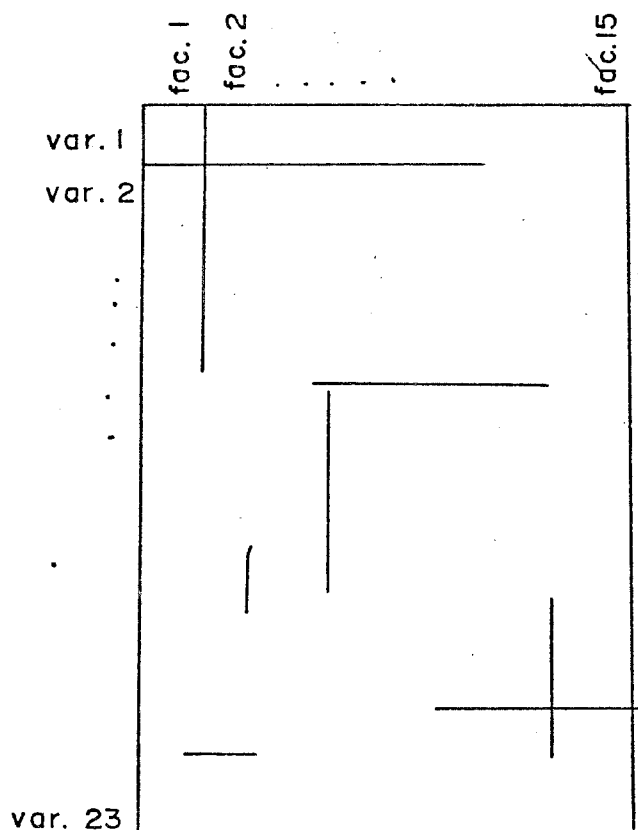
C'est alors le signe qu'un facteur commun influence les deux variables dans le même sens. Supposons, entre deux variables quelconques x et y , une droite de régression dont les écarts des points à la droite sont mesurés perpendiculairement:



Cette droite, dans un système à deux dimensions x et y , correspond donc à un facteur entre deux variables. Deux variables, deux dimensions, autant de variables, autant de dimensions. Ici, dans l'espace multidimensionnel, des droites perpendiculaires les unes aux autres sont ajustées aux variables jusqu'à ce qu'on arrive à une position telle qu'un seul facteur représente la plus forte proportion possible de variance entre les variables.

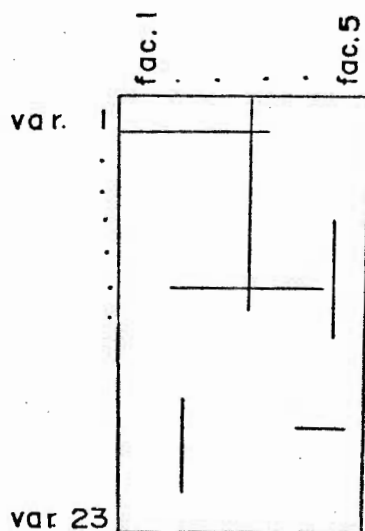
Une fois ce facteur sorti de l'analyse, la proportion de variance exprimée en est extirpée, et de nouveaux ajustements de droites sont effectués sur la partie restante jusqu'à ce qu'un second facteur soit trouvé. Et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une proportion infime de variance exprimable. Cette méthode est celle dite "des axes principaux".

Le rôle de l'analyse en facteurs communs est donc de dégager de la matrice des corrélations les facteurs les plus significatifs influençant le plus grand nombre possible de variables à la fois. C'est à cette étape qu'est produite la matrice factorielle. Dans notre cas, cette matrice comprenait, dans le sens des lignes, 23 rangées, chacune correspondant à une des variables originelles, et 15 colonnes, chacune correspondant à un facteur:

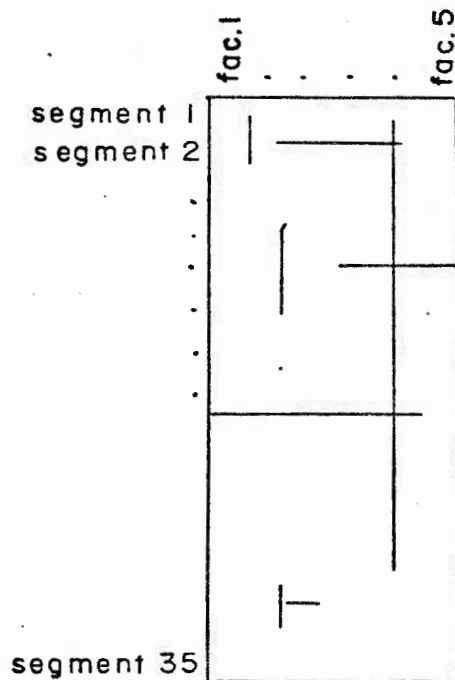


Le nombre de facteurs significatifs produits à cette étape dépend de la proportion de variance commune entre les variables. Plus cette proportion est grande, moins il y a de facteurs car les variables sont influencées dans le même sens; par contre, plus cette proportion est faible, c'est-à-dire plus les variables ont tendance à être uniques, indépendantes, plus le nombre de facteurs produits est grand. Le coefficient, dans la matrice factorielle, entre une variable et un facteur est le coefficient de saturation de la variable dans le facteur; il exprime en fait la corrélation entre la variable et le facteur.

L'étape suivante consiste en la rotation des facteurs. Ayant obtenu quinze facteurs à l'étape précédente, les rotations s'effectueront dans un espace à quinze dimensions. Les rotations d'axes ont pour but de chercher une position telle que la structure des saturations sur les facteurs est simplifiée; c'est-à-dire que de plusieurs saturations indifférenciées, on en obtienne quelques unes très fortes et le reste très faible de façon à mieux pouvoir identifier le facteur. La fin de cette étape produit encore une matrice des saturations des variables dans les facteurs; dans notre cas, elle comporte, en colonnes, cinq facteurs:



La dernière étape consiste en la production d'une matrice mettant en corrélation les observations, ou cas, en l'occurrence les segments d'eskers, avec les facteurs. C'est la matrice des poids locaux des cas sur les facteurs. Le poids local d'une observation sur un facteur dépend des valeurs qu'ont les variables dans cette observation. Ces variables étant influencées plus ou moins par un ou plusieurs facteurs, certains facteurs jouent donc des rôles plus ou moins importants dans chacune des observations. Dans notre étude, cette matrice a l'aspect suivant:



Il reste ensuite à interpréter tous ces coefficients, saturations, et poids.

C- Détermination des segments et choix des variables:

Comme il a été mentionné précédemment, nous avons construit pour nos analyses une matrice d'information comprenant dans le sens des lignes 35 cas, correspondant chacun à un segment, ou tronçon, d'esker, et dans le sens des colonnes, 23 variables.

Le découpage des eskers en segments est peut-être discutable, mais c'est le procédé qui nous a semblé le plus équitable. Voici notre processus de division des segments: Lorsque, sur la carte, un esker était interrompu sur quelque distance, le plus souvent par une fenêtre dans son profil longitudinal ou par un accident du socle rocheux, et parfois lorsqu'il rétrécissait ou changeait d'aspect en coupe transversale, ce point de discontinuité morphologique servait à déterminer l'extrémité d'un segment. Nous sommes parti de l'extrémité sud de chaque esker et avons cheminé vers le nord dans notre échantillonnage. Afin d'assurer une certaine homogénéité de tous les segments nous nous sommes imposé arbitrairement une longueur moyenne de 10 km (6.2 milles) par segment. Les petits eskers, mesurant moins de 10 km comptaient pour un segment; par contre, lorsqu'un esker présentait un aspect continu sur des distances de plus de 10 km nous nous permettions d'en prendre un peu plus long. Finalement, la longueur moyenne de nos segments est de 10,3 km (6.4 milles) avec un écart-type de 4,3 km (2.6 milles) .

Il nous a été suggéré d'autres modes d'échantillonnage que nous avons trouvés moins valables. Un choix de coordonnées au hasard, par exemple, nous aurait donné un échantillonnage par points d'objets linéaires; ou encore, un échantillonnage selon une grille aurait équivalu à diviser arbitrairement

les eskers en segments égaux. La technique choisie tient compte à la fois de l'aspect linéaire des eskers et de leur régularité morphologique sur une certaine longueur, ce que n'aurait pu faire aucune autre technique mathématique ou graphique.

La taille de notre échantillon s'étend à tous les eskers de notre région sauf trois: celui qui passe 1 km (0.62 mille) à l'ouest du lac de Montigny et les deux affluents les plus septentrionaux de l'esker de Matagami. Ces exceptions sont dues au manque de temps nécessaire à l'échantillonnage. On peut donc attribuer une forte représentativité à nos 35 segments, puisqu'ils couvrent presque la totalité de la population.

Quant à nos 23 variables, elles ont été choisies à la suite d'un an et demi d'observations. Nous verrons qu'elles représentent une forte proportion de la variance totale. Ces variables sont les suivantes:

Variable 1- Longueur du segment en kilomètres, mesurée sur la carte topographique au 1: 50 000.

Variable 2- Rapport longueur totale de l'esker/longueur du segment; ce rapport permet de pondérer le choix d'une longueur moyenne de 10 km par segment en faisant intervenir la longueur totale de l'esker. Plus l'esker est long, plus la valeur de la variable est grande.

Variable 3- Largeur maximum en mètres des dépôts fluvio-glaciaires dans le segment.

Variable 4- Hauteur moyenne en pieds le long de la crête d'après la carte topographique.

Variable 5- Hauteur maximum en pieds de la crête.

Variable 6- Nombre de bourrelets fluvio-glaciaires dans le segment. (Certains bourrelets sont des deltas-d'eskers bien définis, d'autres sont des surélévations le long de la crête).

Variable 7- Nombre de confluences dans le segment.

Variable 8- Nombre de débroulements de crêtes dans le segment.

Variable 9- Nombre d'intermittances de crête dans le segment.

Variable 10- Nombre de décrochements de crête dans le segment.

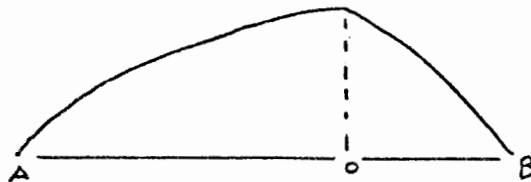
Variable 11- Nombre de kettles en marge latérale du dépôt fluvio-glaciaire.

Variable 12- Nombre de kettles dans le dépôt fluvio-glaciaire.

Variable 13- Superficie d'affleurement en contact ou à très faible proximité de l'esker. Mesurée au planimètre en cm^2 sur la photo.

Variable 14- Longueur totale de contact entre les sédiments fluvio-glaciaires et les dépôts tourbeux.

Variable 15- Coefficient d'asymétrie transversale le plus fort, en valeur absolue, dans le segment. Ce coefficient est égal au rapport suivant: $(AO/AB \times 100) - 50$



Il est donc négatif si la crête est décalée vers l'ouest, et positif si elle est décalée vers l'est.

Variable 16- Longueur totale en mètres d'escarpement d'un premier niveau dans le segment.

Variable 17- Longueur totale, en mètres, d'escarpements d'un second niveau.

Variable 18- Longueur totale, en mètres, d'escarpements d'un troisième niveau.

Variable 19- Longueur totale, en mètres, de crêtes de plages sur le segment.

Variable 20- Longueur totale, en mètres, de flèches et cordons littoraux le long du segment.

Variable 21- Superficie de champs de dunes reposant stratigraphiquement sur le matériel fluvioglaciaire; mesurée en cm^2 au planimètre sur la photo aérienne.

Variable 22- Superficie de champs de dunes situées à côté du dépôt fluvioglaciaire. Mesurée comme la variable précédente.

Variable 23- Distance, en mètres, perpendiculairement à la direction du segment, entre la dune la plus éloignée et la marge des sédiments fluvioglaciaires. (Vu la direction des vents dominants, cette mesure a toujours, par la force des choses, été effectuée du côté est des segments).

Parmi ces 23 variables, les treize premières sont celles qui découlent de la sédimentation fluvioglaciaire et de l'influence de la structure géologique sur la formation des eskers. Les variables 14 à 20 reflètent le remanement lacustre des eskers, tandis que les variables 21, 22 et 23 mesu-

rent l'intensité de la reprise éolienne.

D- Analyses

Nous avons fait deux analyses factorielles; la première portant seulement sur les treize premières variables et la seconde portant sur toutes les variables; ceci afin de vérifier si le retaniement lacustre et éolien vient fausser notre typologie, basée au départ uniquement sur le mode de mise en place des eskers, ou s'il vient au contraire l'accentuer en caractérisant, différemment ou plus intensément, certains types privilégiés.

1- Résultats de la première analyse:

Trois facteurs principaux sont issus de la première analyse. La proportion de variance exprimée par chacun est la suivante:

Facteur 1: 25%

Facteur 2: 19%

Facteur 3: 7%

Dans le premier, quatre variables ont une saturation supérieure à 0.50 et deux autres ont une saturation supérieure à 0.30. Ces variables sont:

<u>Variable</u>	<u>Saturation</u>
5- Hauteur maximum	0.83
4- Hauteur moyenne	0.83
13- Superficie d'affleurement	0.56
3- Largeur	0.54
8- Nombre de dédoublements de crête	0.39
7- Nombre de confluences	0.31

Ce facteur est facilement identifiable; il s'agit de l'aspect en coupe transversale des eskers, représenté par les variables hauteur et largeur. Il est à noter qu'entre elles, ces variables ne sont pas en très forte corrélation (0.44 à la matrice des corrélations); ceci peut être attribuable à la présence dans notre population d'épandages fluvio-glaciaires très larges et peu élevées. La présence de la variable 13, superficie d'affleurement, s'explique par la corrélation de 0.49 avec la variable largeur. C'est donc dire qu'il y a une certaine tendance de nos segments à être plus larges lorsqu'il s'arçolent à des buttes rocheuses. Quant aux variables 7 et 8, nombre de dédoublements de crête et nombre de confluences, elles sont en relation (corrélations de 0.31 et 0.37) avec la hauteur affectant ainsi le profil transversal des eskers.

Un bref regard à la matrice des poids locaux révèle que les segments 14, 15 et 17 ont de forts poids positifs sur ce facteur. Le segment 14 est le plus élevé de notre population et il y a une confluence à son extrémité septentrionale; le segment 15 correspond à l'immense delta d'esker de la photo (2) et venant buter sur la colline Video, tandis que le segment 17 correspond à la terrasse de kame apparaissant à la figure (2). Dans les trois cas, on a affaire à des formes hautes et larges encadrées par plus ou moins de roches en place.

Le deuxième facteur, par rapport au premier, met en évidence la similitude entre l'orthogonalité des axes principaux de l'analyse factorielle et l'orthogonalité géométrique entre l'aspect qu'il représente et l'aspect en coupe transversale des eskers. En effet, ce facteur s'identifie par l'aspect

longitudinal des eskers. Les variables suivantes sont les plus représentatives de ce facteur:

<u>Variable</u>	<u>Saturation</u>
1- Longueur du segment	0.79
6- Nombre de bourralets fluvioglaciaires	0.73
12- Nombre de kettles dans le dépôt	0.66
10- Nombre de décrochements de crête	0.60

L'ensemble de ces variables indique la tendance de certains eskers de notre région à se présenter comme des successions de deltas fluvioglaciaires pas toujours alignés en ligne droite les uns avec les autres et dans lesquels apparaissent de nombreux kettles. Il s'agit donc de l'aspect des eskers dans le sens de la longueur.

Les segments 31, 29, 23 et 22 ont de forts poids locaux dans ce facteur. Le segment 22, entre autre, est le cas type de la succession de deltas fluvioglaciaires.

Le troisième facteur est difficilement identifiable. Il n'a que de fortes saturations négatives marquant une opposition à ce qui ne correspond pas à la géométrie typique des eskers. Les dépressions fermées en marge des dépôts fluvioglaciaires sont rejetées par l'analyse ainsi que les intermittances qui brisent la continuité des eskers.

2- Résultats de la deuxième analyse:

Lors de notre seconde analyse factorielle, portant sur les vingt-trois variables, cinq facteurs significatifs sont apparus. Ces cinq facteurs, dont

	facteur 2	facteur 3
	12 %	9 %
	Bourrelets fluvioglaciaires (6): 0.78	Escarpement, 3ième niveau (18): 0.96
0.64	Longeur (1) : 0.78	Escarpement, 2ième niveau (17): 0.87
0.45	Kettles dans l'esker (12) : 0.69	Crêtes de plage (19) : 0.84
0.37	Décrochements (10) : 0.58	Flèches et cordons (20) : 0.55
	Contact entre le fluvioglaciaire et la tourbe (14) : 0.34	Superficie de dunes sur l'esker (21) : 0.54
		Superficie de dunes à côté de l'esker (22) : 0.48
		Escarpement, 1er niveau (16) : 0.46
		Hauteur maximum (5) : 0.49
		Confluences (7) : 0.44
		Hauteur moyenne (4) : 0.35
ues	Aspect longitudinal de l'esker	Relation entre la hauteur de l'esker et l'intensité du remaniement lacustre et éolien

[illegible]

Tableau 4 Principaux coefficients de saturation,
seconde analyse factorielle.

les plus fortes saturations apparaissent au tableau (4) sont les suivants:

- Facteur 1- Relation largeur-éolisation
- Facteur 2- Aspect longitudinal
- Facteur 3- Relation hauteur-remaniement
- Facteur 4- Relation aspect en coupe transversale-socle rocheux
- Facteur 5- Parties uniques fortes de quelques variables.

Alors que le facteur 2 est tout à fait le même que dans la première analyse, et que les variables de remaniement ne semblent pas l'influencer, les facteurs 1, 3 et 4 semblent être les sous-produits de l'éclatement du facteur 1 de la première analyse, aspect en section, sous l'impact des variables de remaniement. Ceci est tout à fait normal, puisque le remaniement lacustre dépend de la hauteur des niveaux atteints par le lac Barlow-Ojibwa et que, comme nous l'avons vu, les vents dominants lors de la reprise éolienne étaient transversaux aux eskers. Quant au facteur 5, visiblement produit par la forte partie unique de la variable 14, longueur de contact fluvio-glaciaire-tourbe, il pourrait correspondre au facteur 3 de l'analyse précédente, sans relation avec la géométrie générale des eskers.

Ces cinq facteurs représentent 63% de la variance totale et les communautés dans la matrice des corrélations sont les carrés des corrélations multiples de chaque variable avec les autres, c'est-à-dire la plus basse proportion possible de variance entre les variables. Un essai, réalisé avec des "1" en communautés, c'est-à-dire en incorporant à l'analyse le plus fort taux de variance possible entre les variables, a produit les mêmes facteurs, exprimant 70% de la variance totale et sans altérer aucunement la

complexité des variables. Deux conclusions sont à tirer de cette expérience: la première, particulière à notre travail, est que les 23 variables choisies représentent dans une très forte proportion les caractères inhérents aux eskers de la région; la seconde, plus générale, est que l'analyse factorielle peut aider à caractériser beaucoup plus facilement les structures physiques où les lois géométriques et dynamiques (dynamique glaciaire, transport et sédimentation fluvio-glaciaire, action des vagues, transport et sédimentation éoliens) ont un effet que les structures humaines où les lois régissant le comportement d'individus ou de groupes d'individus sont plus difficilement saisissables.

Les eskers caractérisés par le premier facteur seront donc larges. Ils seront caractérisés par la présence de nombreuses dunes et de formes de remaniement lacustre, flèches et cordons littoraux surtout, datant de la phase finale du lac Barlow-Ojibway, à un niveau variant de 323 à 338 m (1050 à 1100 pieds). Un coup d'oeil à la matrice des poids locaux montre que les segments 15, 16 et 27 ont leur plus fort poids sur ce facteur. La carte nous révèle que le segment 15 est un delta d'esker très ouvert et que les segments 16 et 27 sont des épandages d'eskers.

Le second facteur, aspect longitudinal, constant dans les deux analyses, caractérise les mêmes segments que la première analyse. Ces segments, probablement représentatifs du type "DE GEER", sont les segments 31, 29, 28 et 22.

Le troisième facteur, mettant en relation hauteur et remaniement, affecte surtout le segment 14, le plus haut et le plus remanié de la région.

Le segment 17, terrasse de kame de la figure (2), est représenté très fortement dans le quatrième facteur, mettant en relation l'aspect en coupe transversale et le socle rocheux. Ce segment est certainement le plus influencé par le socle de toute la région, puisqu'il s'appuie sur un versant rocheux d'origine tectonique.

Le facteur 5 regroupe quelques segments, dont les segments 24, 25 et 26. Une étude de la matrice d'information originelle montre la grande valeur que prend dans chacun de ces cas la variable 14, longueur de contact fluvio-glaciaire-tourbe. Ce facteur, trop influencé par la partie unique de cette variable, ne sera pas très utile à notre typologie.

Cette classification sera faite principalement à partir de la matrice des poids locaux des segments dans les facteurs. Comme on s'en rend compte, certains eskers ont des poids locaux importants sur plus d'un facteur. On aura donc des cas hybrides, des cas simples et des cas quasi inclassables.

CHAPITRE X

Groupement en classes des eskers de la région.

Sommaire:

- A) 1 ère étape; classification manuelle: p. 141
- B) 2 ième étape; classification automatisée: p. 142
- C) 3 ième étape; distinction des types: p. 143

X

Grouperment en classes des eskers de la région.

La classification à laquelle nous parvenons à la fin du présent chapitre est réalisée en trois étapes:

- 1 ère étape: Une première classification, très sommaire, est effectuée à partir des poids locaux des segments sur les facteurs.
- 2 ième étape: Un programme de "GROUPING" est ensuite passé à l'ordinateur et ses résultats sont comparés avec la classification de la première étape.
- 3 ième étape: Les classes obtenues finalement sont, dans la mesure du possible, associées aux types d'eskers décrits au début du chapitre précédent.

Les poids locaux du facteur 5 n'ont pas été pris en considération dans

le processus de classification, n'étant influencés en grande partie que par la variable 14, longueur de contact entre les sédiments fluvio-glaciaires et la tourbe.

<u>Sans spécificité</u>	<u>Facteur 1</u>	<u>Facteur 2</u>	<u>Facteur 3</u>	<u>Facteur 4</u>
	Eskers larges à remaniement lacustre terminal et prise éolienne.	Successions de bourrelets non-alignés et kettles	Les eskers hauts très remaniés.	Les eskers hauts et larges, asymétriques et encadrés d'affleurements.
1	12	5	13	11
2	15	7	14	17
3	16	8		24
4	19	18		
6	20	21		
9	25	22		
10	27	23		
30	32	26		
	33	28		
	34	29		
	35	31		

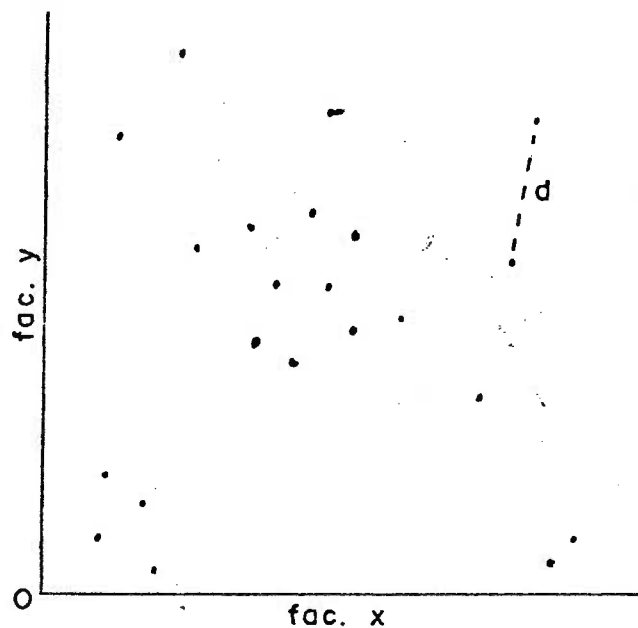
Tableau 5: Classification manuelle des types d'eskers selon les poids locaux des segments d'eskers sur les facteurs.

A- 1 ère étape

Pour effectuer notre classification "manuelle", nous avons retenu, pour chaque cas, le facteur dans lequel le segment avait son plus fort poids positif. Lorsqu'un segment avait de forts poids positifs sur plus d'un facteur, le poids le plus élevé était relevé. Quelques segments, n'ayant de spécificité dans aucun des facteurs, ont formé une catégorie à part. Le tableau(5) illustre le résultat de cette classification manuelle .

B- 2 ième étape:

La classification est réalisée ici de façon automatisée. Le programme de GEOGRAPHICAL GROUPING sert, par un procédé géométrique, à diviser l'ensemble de nos segments en groupes restreints à partir de leurs poids locaux sur les quatre facteurs. Le principe de fonctionnement du programme est relativement simple. Supposons une distribution de cas selon deux facteurs x et y:



$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Dans un tel cas, le programme travaille dans un espace bidimensionnel. Dans notre travail, avec quatre facteurs, le programme opère dans un espace à quatre dimensions. Le programme mesure, selon le théorème du carré de

l'hypothénuse, la distance entre tous les points pris deux à deux et présente ces distances dans une matrice. Les deux points les plus rapprochés, c'est-à-dire dont la distance qui les sépare est la plus courte, forment le premier groupe. Le centre de ce groupe va désormais se situer à mi-chemin entre les deux points. Ensuite, qu'il s'agisse d'un point situé à proximité de ce groupe ou de deux autres points ailleurs dans l'espace, les points ayant la seconde plus courte distance entre eux s'unissent en un nouveau groupe. Ce processus continue jusqu'à ce que tous les points, ou observations, ne constituent plus qu'un seul groupe. Il faut donc au programme N-1 (où N = nombre d'observations) étapes d'unification pour achever le groupement. Le programme fournit un dendrogramme (fig. 16) illustrant toutes les étapes de formation des groupes. Il reste ensuite à l'usager à interpréter dans ce dendrogramme les groupes qui l'intéressent. Le procédé laisse donc à l'auteur une assez forte part de subjectivité.

Comme nous avons au départ identifié quatre facteurs, nous devrions nous attendre à obtenir quatre groupes discernables vers les dernières étapes du programme. Or, les résultats sont plus complexes. Les segments 8, 14, 15, et 17, ne s'unissent au groupe que dans les toutes dernières étapes, faussent ce groupement idéal. Un regard à la matrice des poids locaux de l'analyse factorielle indique que ces segments se caractérisent chacun par un poids local excessivement fort sur l'un ou l'autre des quatre facteurs. Ils sont par conséquent très distants des autres segments dans l'espace quadri-dimensionnel et doivent être regardés comme des cas spéciaux. Nous avons donc sélectionné l'étape où quatre groupes apparaissent sans tenir compte des quatre segments spéciaux; l'étape 27 présente ces quatre groupes. Nous interpréterons la

ITEMS GROUPED				I													II					III					IV					15	
				1	2	9	6	7	23	35	25	22	13	1	13	20	25	24	32	34	33	17	14										
STEP	I	J	VALUE	3	4	10	5	12	13	31	26	30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3										
0			0.00000E 00	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
1	32	34	0.10873E 00	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
2	32	33	0.23913E 00	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
3	7	23	0.37441E 00	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
4	6	10	0.51236E 00	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
5	4	9	0.65115E 00	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
6	5	7	0.82251E 00	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
7	18	29	0.10647E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
8	19	20	0.13506E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
9	5	21	0.15990E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
10	1	2	0.19990E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
11	19	25	0.24735E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
12	12	35	0.29803E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
13	4	6	0.35078E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
14	1	3	0.40337E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
15	30	32	0.47157E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
16	4	5	0.54627E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
17	12	26	0.62424E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
18	4	12	0.69503E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
19	27	30	0.77514E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
20	16	24	0.87523E 01	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
21	11	13	0.10111E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
22	16	27	0.11524E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
23	4	22	0.13144E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
24	1	4	0.15257E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
25	19	23	0.17429E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
26	11	31	0.19359E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
27	1	13	0.22549E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
28	1	11	0.25341E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
29	1	19	0.28360E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
30	1	15	0.31352E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
31	1	8	0.37365E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
32	1	15	0.49452E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
33	1	17	0.71120E 02	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
34	1	14	0.13270E 03	I+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										

-14-

Fig. 16 Dendrogramme illustrant les étapes du programme "GEOGRAPHICAL GROUPING".

signification de ces groupes en allant de la gauche vers la droite dans le dendrogramme.

Le premier groupe s'étend du segment 1 au segment 13. On remarque dans ce groupe une césure entre le segment 10 et le segment 5. De chaque côté de cette césure, il se fait un groupement, et ces deux groupements se rejoignent à l'étape 16 et à l'étape 24 pour former le groupe de l'étape 27. Les segments 1,2,3,4,6,9 et 10 se regroupent à gauche de la césure. Ces observations correspondent aux cas sans spécificité obtenus manuellement à la première étape.

À droite de la césure de ce premier groupe se situent les segments 5,7, 12, 13,21,22,23,26 et 35. Un coup d'oeil à la matrice des poids locaux nous montre que tous ces segments, sauf les segments 12,13 et 35, ont leur plus fort poids sur le facteur 2, aspect longitudinal des eskers. Les cas 12,13, et 35 se joignent à ce groupe à cause de leur action similaire à celle des autres membres du groupe sur les trois autres facteurs.

Le deuxième groupe comprend les segments 11, 18, 29, et 31. La matrice des poids locaux révèle que ces segments se caractérisent par de forts poids positifs sur les facteurs 2 et 4 et un fort poids négatif sur le facteur 1. Le segment 31 fait exception car, bien qu'ayant les deux autres propriétés de ses congénères, il n'a qu'un effet à peu près nul sur le quatrième facteur.

Le troisième groupe contient les segments 19,20,25, et 23. Ces quatre segments ont tous des poids locaux forts sur les deux premiers facteurs. Ce sont donc des cas hybrides. Nous y reviendrons plus loin.

Les segments 16,24,27,30,32,33 et 34 forment le quatrième groupe. Une division apparaît à nouveau dans ce groupe entre le segment 30 et le segment 32. Les segments 32,33 et 34 s'unissent dès le départ tandis que les autres ne se joignent au groupe qu'à partir de l'étape 15. Tous les membres du groupe se caractérisent par des poids négatifs sur le facteur 2 et un certain poids positif sur le facteur 1, dominé par l'aspect en largeur des eskers. Les segments 32,33 et 34 sont pratiquement identiques en ce sens. Cependant, un regard à la carte ou à la matrice d'information originelle montre que ces segments ne sont que de courts tronçons. Par conséquent, il ne font partie de ce groupe que parce qu'ils ont une largeur importante, relativement à une très petite longueur.

À partir de cette interprétation du dendrogramme et de la matrice des poids locaux, nous avons construit le tableau 6. Pour la construction de ce tableau, les trois règles suivantes ont été observées:

- 1- Les segments 1,2,3,4,6,9 et 10, étant de nouveau réunis à cette étape, continueront de former un groupe distinct. Nous y joignons les segments 32,33 et 34, différents des autres par leur faible longueur.
- 2- Lorsqu'un segment appartient à un groupe à la suite d'un poids négatif fort sur un facteur et lorsque ce segment a un poids positif fort sur un autre facteur, il est relié au groupe contenant les segments positifs forts sur ce dernier facteur. Par exemple, le segment 31 appartient au troisième groupe à cause de son poids négatif de -0.64 sur le premier facteur. Nous le transférons au groupe 1 à la suite de son poids positif de 1.82 sur le facteur 2.

<u>Facteur</u>		<u>Segments</u>	<u>Caractéristiques</u>
1	:	12	: Larges, remaniement de la dernière phase lacustre, forte reprise éolienne
2	:	5,7,8,21,22,23,26,31,35	: Longs, successions de deltas, décrochement des deltas, nombreux kettles dans les dépôts
3	:	14	: Haut, très remanié en général
4	:	17	: Haut, large, asymétrique, associé à de la roche en place
1 et 2	:	19,20,25,28	: Larges, nombreux bourrelets, nombreux kettles, remaniement de la dernière phase lacustre, reprise éolienne.
1 et 3	:	13,24,27,30	: Larges, hauts, Fort remaniement général
1 et 4	:	16	: Large, remaniement de dernière phase lacustre, associé à de la roche en place.
2 et 3	:	18,29	: Longs, bourrelets, hauts, un peu remaniés
2 et 4	:	11	: Longs, larges, bourrelets, associés au socle rocheux
1,2 et 4	:	15	: Larges, bourrelets, roche en place remaniement lacustre de dernière phase
Indéfinis	:	1,2,3,4,6,10,32,33,34	:

Tableau 6 Classification résultant de l'interprétation du dendrogramme.

- 3- Les cas spéciaux de l'extrême droite du dendrogramme, caractérisés par des poids locaux positifs excessivement forts sur un seul facteur sont reliés au groupe caractérisé par de forts poids positifs sur ce même facteur. Par contre, s'ils ne conviennent à aucun groupe, ils forment chacun un groupe à part.

Si on compare ce tableau avec le tableau 5, illustrant la classification manuelle, on se rend compte que la classification automatisée a surtout eu pour effet de faire éclater les classes obtenues manuellement en dégageant des types hybrides. Le dendrogramme nous a de plus permis de distinguer certains petits groupes qui ne correspondaient pas réellement avec les classes auxquelles les avait assignés la classification manuelle. C'est le cas notamment des petits segments isolés 32, 33 et 34. D'autres segments, peu nombreux, ont été changés de classe. Par exemple, le segment 30 passe de la classe "sans spécificité" à une classe hybride entre les facteurs 1 et 3.
a la droite
~~À la droite~~ du tableau, les types auxquels devraient appartenir les segments de chaque classe sont décrits selon les facteurs appropriés. A partir de ce tableau, nous pouvons essayer de classer finalement nos eskers selon divers types.

C- 3^{ième} étape:

Nous avons au départ deux classifications: la première, celle de LUNDQVIST, est basée essentiellement sur le mode de mise en place des eskers tandis que la seconde, faite par NORMAN dans une région attenante à la nôtre, est basée sur l'aspect de répétition ("annual") ou de continuité ("retrogressive") des eskers. Ces deux classifications peuvent se confondre

en un point: les eskers du type "de Geer" de la classification énoncée par LTDQVIST sont des formes à caractère répétitif. De plus il est évident que certains épanchages fluvio-glaciaires, mesurés comme des segments d'eskers, ne cadreront que difficilement dans la classification. Nous avons finalement retenu les classes suivantes:

- 1- Le type "sand-plain"; large, bas et peu remanié dont le segment 12 est le meilleur exemplaire et dont font aussi parti les segments 13, 24, 27 et 30, plus remaniés. Ces segments sont ceux qui s'associent le mieux au facteur 1.
- 2- Le type "de Geer"; représenté par les segments 5, 7, 3, 21, 22, 23, 26, 31 et 35. Ce type est caractérisé dans le facteur 2 de nos analyses. Toutefois la grande distance (1 à 2 km, 0.6 à 1.2 mille) entre les deltas successifs met en doute le caractère annuel de la répétition. (cf. chap. VI, p. 60). Ce sont tous des segments associés uniquement au facteur 2.
- 3- Le type "retrogressive"; crête haute et continues, un peu irrégulières et aux versants très remaniés. Appartiennent à ce type les segments 14, 18, 19, 20, 25, 28 et 29. Sauf le segment 14, ces segments sont tous des types hybrides auxquels le facteur 2 est associé.
- 4- Les segments courts difficilement caractérisés; numéros 32, 33 et 34.
- 5- Les eskers trop modifiés par le socle géologique et qui selon leur disposition sur ce socle prennent des formes diverses:

- segment 11: Dépôt d'obturation accolé à un dyke.
- segment 15: Dépôt d'obturation accolé à une butte rocheuse.
- segment 16: Epandage fluvio-glaciaire entre des buttes rocheuses formant un paysage morcelé.
- segment 17: Terrasse de kame accrochée à un versant rocheux.

Quant à la catégorie des segments sans spécificité, nous avons étudié chaque cas séparément. Les segments 1, 2, 3 et 4 appartiennent à des eskers affluents de l'esker de Matagani. Le segment 4 se caractérise par la présence de deltas d'eskers bien caractérisés; nous le joignons donc aux eskers du type "de Geer" (classe no. 2). Quant aux trois autres, petits eskers plongeant sous la surface argileuse, nous les rattachons au groupe des eskers courts (classe no. 4). Finalement, les segments 6, 9 et 10 se caractérisent par l'absence de bourrelets fluvio-glaciaires et la présence d'un très grand nombre de kettles de part et d'autre de leur crête. Nous les crowons d'origine probablement sous-glaciaire; aussi forment-ils une sixième classe:

- 6- Le type "Strandmark"; linéaire, avec peu de bourrelets fluvio-glaciaires et cotoyés de nombreux kettles. Segments 6, 9 et 10.

Le groupement nous donne finalement six classes dont on retrouve la carte en pochette. Cette distribution en classes va nous être très utile lorsque nous essayerons de comprendre un peu mieux le mode de mise en place de ces eskers et les étapes du retrait glaciaire dans la région.

CHAPITRE XI

Origine des eskers

Sommaire:

- A) Les modes possibles de mise en place: p. 152
- B) Éléments à considérer pour étudier l'origine des eskers: p. 153
- C) Conclusion: p. 161

XI

Origine des eskers

A- Les modes possibles de mise en place:

Au début du chapitre IX, trois modes possibles de mise en place des eskers ont été pris en considération: au débouché de cours d'eau sous-glaciaires dans une nappe aquatique (DE GEER, 1897, 1940), dans des tunnels sous l'inlandsis (STRANDMARK, 1889) et dans des chenaux à l'air libre (HOLST, 1876). De plus, certains auteurs, par exemple FLINT (1947), discutent d'une hypothèse de formation des eskers dans des cours d'eau intra-glaciaires.

Quelques travaux sur des eskers en voie de formation ont démontré que tous ces modes de mise en place sont possibles. Par exemple, PRICE (1966) a démontré que les eskers apparaissent au front du glacier Casement, en Alaska, ont fort probablement été formés de trois façons; dans des cours d'eau supra-glaciaires, intra-glaciaires, et sous-glaciaires. PRICE arrive

à cette conclusion en comparant deux relevés photogrammétriques du front du glacier en retrait, datant de 1948 et de 1963. Ces deux relevés montrent que certains eskers, qui reposaient sur le glacier, ou qui émergeaient de la glace se sont abaissés de 6 à 13 m (20 à 30 pieds) en 15 ans, suivant la fonte de la marge glaciaire. De plus cet auteur observe un delta d'esker à l'extrémité d'un esker d'origine sous-glaciaire.

Au Spitzberg, SZUPRZYCKI (1965) décrit des eskers en voie de formation et reconnaît trois modes de mise en place : intra-glaciaire, supra-glaciaire et sous-glaciaire.

Les exemples de l'Alaska et du Spitzberg démontrant bien que tous les modes de mise en place des eskers décrits dans la littérature sont possibles. Par contre, ces exemples ne portent pas sur un inlandsis en retrait et ces eskers naissants, d'échelle kilométrique, sont infimes en comparaison des eskers abitibiens. Pour comprendre le mode de mise en place des eskers de la région étudiée, il sera par conséquent nécessaire de considérer plusieurs éléments propres à la région.

B- Éléments à considérer pour étudier l'origine des eskers.

1- Les dimensions.

Les grandes dimensions de l'esker de Matagami dans sa moitié sud, de même que de quelques segments appartenant à d'autres eskers, rendent peu probable la formation sous-glaciaire complète de ces eskers. En effet, il est mécaniquement impossible à la glace de supporter, sans affaissements, des voûtes atteignant parfois plus d'un kilomètre de largeur (0.62 mille) et

90 m (300 pieds) de hauteur. La formation d'un esker dans ce cas pourrait fort bien avoir débuté dans un tunnel sous-glaciaire ou intra-glaciaire, mais l'édification finale devait obligatoirement aboutir à l'air libre, probablement dans des chenaux incisant la glace.

Comme nous l'avons vu précédemment (chap. VIII, p. 99), les "cut and fill", observés surtout dans la partie supérieure des gravières, semblent associés à une phase finale à l'air libre de la formation des eskers. Nous croyons que cette phase finale était caractérisée par de nombreux chenaux anastomosés, coulant entre des parois de glace, comme dans une trainée fluvio-glaciaire de vallée.

. Si on se réfère à la carte des types d'esker, on se rend compte que ces gros eskers, dont on croit qu'ils ont achevé leur formation à l'air libre, appartiennent tous au type "retrogressive" et "sandplain". Ce sont les segments 12, 13, 14, 18, 19, 20, 24, 25, 27, 28, 29 et 30. Ces segments ont des crêtes larges, continues et très peu ondulées, ne révélant aucun aspect cyclique.

2- La provenance des matériaux:

Ces grandes dimensions posent aussi le problème de la provenance d'une si grande quantité de matériaux détritiques. La glace elle-même devait transporter d'incroyables quantités de débris arrachés par érosion. Nous n'avons pas fait de comptage de cailloux pour essayer de retracer l'origine exacte des sédiments. Cependant, certains auteurs, dont HELLAAKOSKI (1931) et LEE (1965), ont mesuré la distance le long d'un esker entre un

matériel d'origine et la plus forte concentration de ce matériel dans les dépôts fluvio-glaciaires. LEE a effectué ses mesures dans l'esker Munro, situé à la frontière antérienne, dans l'aire d'extension du lac Barlow-Ojibway, et a conclu que: "fragments from a particular bedrock source do not occur in maximum abundance over or immediately adjoining the source and, in fact, that the first appearance of the indicator fragments is some distance downstream along the esker from the source"

La distance maximum citée par LEE est de 13 ± 3 km (8 ± 2 milles), mesurée sur des fragments de dunite de 3,35 à 8 mm de diamètre. Quant à HELLAKOSKI, il obtient une distance de 5 à 8 km (3 ± 4.8 milles) pour des galets d'un granite facilement discernable. Selon ce dernier auteur, cette distance de transport dans l'esker serait due à la prise en charge et au transport par les eaux fluvio-glaciaires de sédiments morainiques ayant auparavant effectué une partie du trajet dans la glace.

Les conclusions de ces deux auteurs, et surtout celle de LEE parce qu'il a travaillé dans une région attenante à la nôtre, signifient que la plus grande partie du matériel des eskers de notre région, qui s'étend du nord au sud sur 250 km (150 milles), provient probablement de la région même.

Si la majorité des matériaux sont de provenance régionale, ils ne peuvent donc, une fois incorporés à la glace par érosion, monter très haut le long des plans de cisaillements ou d'une autre façon dans la masse glaciaire. La plupart des matériaux emportés dans l'esker ont donc probablement une origine sous-glaciaire ou intra-glaciaire profonde.

3- Les influences du socle:

L'esker de Matagam, dans sa moitié sud, subit l'influence des obstacles

du socle rocheux. Au sud du lac Fiedmont, il s'appuie sur un versant rocheux. Aux environs du lac Legendre, il a l'aspect d'une plaine d'épandage fluvio-glaciaire, et, lorsqu'il se heurte à la colline Video, il s'ouvre en un immense delta. Sur la carte des types, les segments 11, 15, 16 et 17, modifiés par le socle, appartiennent tous à la moitié sud de l'esker de Matagami.

Bien que le socle a influencé la mise en place de l'esker de Matagami, il n'a pu en empêcher la formation. Peut-être que, selon TREBLAI (1956, p. 64), les collines de Lacorne ont même favorisé sa formation: "As the highest hills lie along the zone of the central esker¹, it is possible that they constituted the main topographic feature that favoured the development of the englacial river that provided the esker".

Or la plupart des autres eskers, comme par exemple celui qui longe la route reliant Louvicourt à Semeterre, sont arrêtés par les obstacles rocheux. Donc un mode différent de mise en place est peut-être à envisager en ce qui concerne la partie sud de l'esker de Matagami. La position de cet esker, d'allure interlobaire (cf. chapitre suivant) en est peut-être la cause.

4- Les successions de deltas d'esker:

La formation de deltas successifs ne s'explique que d'une seule manière. Ils ont été édifiés par la sédimentation de matériaux aux débouchés de cours d'eau glaciaires dans le lac Barlow-Ojibway; leur succession est attribuable aux retruits successifs du front glaciaire.

1- L'esker de Matagami.

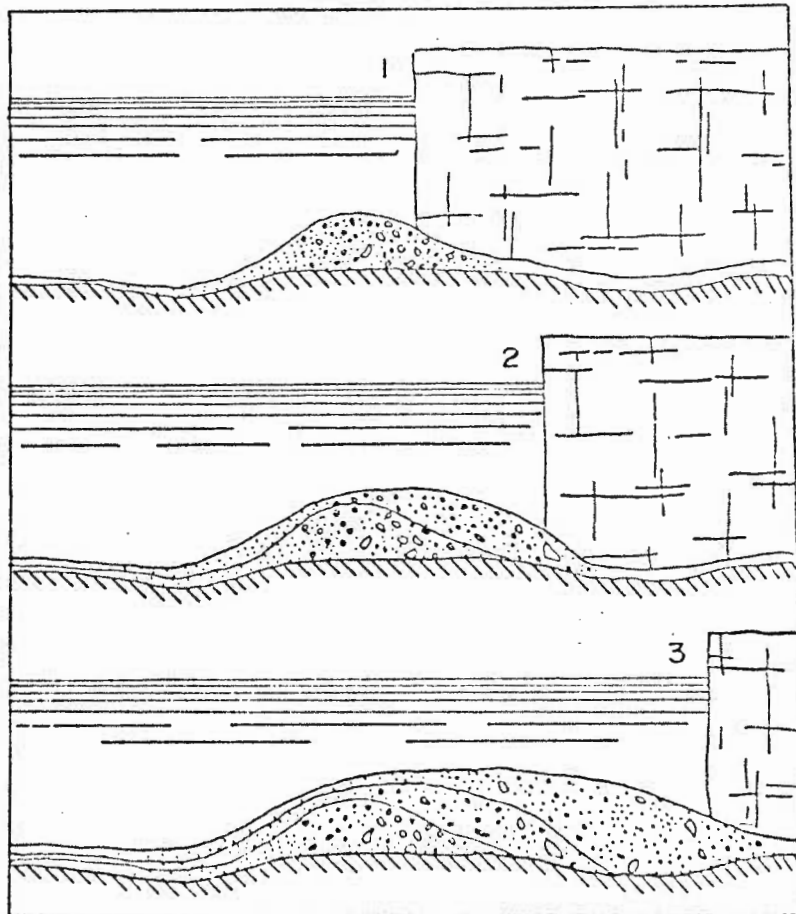


Fig. 17 Mode formation des eskers dans une nappe d'eau au débouché d'un tunnel sous-glaciaire. D'après ANTEVS (1925).

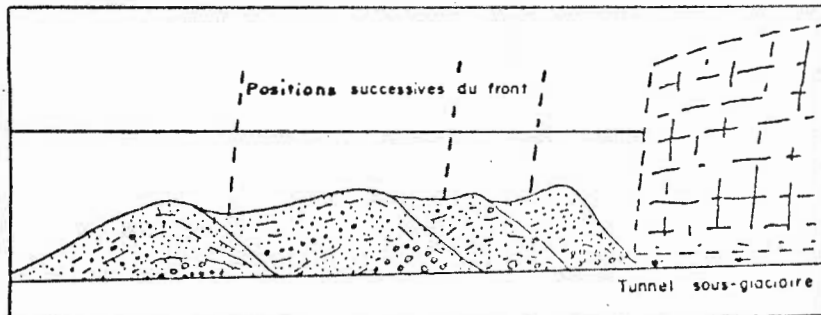


Fig. 18 Formation d'un esker dans une nappe d'eau au front d'un glacier en retrait. Selon LOUGEE (1953).

La plupart des auteurs qui ont étudié ces formes les localisent à la sortie de cours d'eau sous-glaciaires. Les figures 17 et 13 illustrent le processus, mais de façon légèrement différente. Sur le schéma d'ANTEVS (1925), les accumulations successives se recouvrent, faisant songer aux stratifications cycliques du chapitre VIII (p. 97, photo 24), tandis que sur le schéma de LOUGEE (1953), les accumulations successives s'appuient les unes contre les autres sans se recouvrir totalement. Nous croyons que les deux auteurs peuvent avoir raison et que la nature de la coalescence entre deux accumulations successives dépend de la distance de recul du front glaciaire entre les deux dépôts. Ceci se confirme sur notre carte où nous observons parfois des bourrelets mal définis le long d'une ligne sommitale, parfois des deltas coalescents et souvent des deltas successifs isolés les uns des autres.

Selon ces deux auteurs, les deltas successifs seraient annuels. De plus, DE GEER (1940) et ANTEVS associent chaque accumulation deltaïque à une varve dans l'argile glacio-lacustre. TREMBLAY (1956) estime, d'après l'espace entre des moraines dites annuelles, le recul annuel du front glaciaire aux environs de Barrante à 200 m (600 pieds) alors que l'espacement des deltas peut atteindre jusqu'à 10 fois cette distance. Les deltas de notre région peuvent donc être construits d'accumulations annuelles coalescentes comme on peut en discerner par photo-interprétation à la photo (17) .

Au chapitre du groupement en classes, les eskers constitués de deltas successifs ont bien ressortis. Nous les retrouvons sur la carte des types (en pochette), sous l'étiquette "DE GEER".

5- Les kettles de part et d'autre de l'esker de Matagami dans sa partie nord:

Dans quelques segments de cette partie de l'esker de Matagami, la distribution des kettles de part et d'autre de la crête serait due à la fonte sur place des parois du tunnel sous-glaciaire dans lequel l'esker aurait été formé. C'est l'hypothèse que pose NORMAN (cf. chap. III) dans la région de Chibougamau.

L'aspect continu et régulier de la crête, là où elle domine la plaine argileuse, confirme cette hypothèse. Des expériences faites sur modèle réduit par Mc DONALD et VINCENT (1972) ont démontré la possibilité d'un tel mode de mise en place. Ces auteurs ont observé, à l'aide d'un tuyau de plastique transparent dans lequel ils ont fait circuler, sous pression, un mélange d'eau et de sable, la formation de dunes longues et régulières. Les stratifications dans ces dunes s'inclinaient vers l'aval. En accroissant la vitesse de circulation du mélange sable-eau, les auteurs obtinrent une sédimentation uniforme dans le tuyau.

Dans la partie nord de l'esker de Matagami, on rencontre également des collines fluvio-glaciaires, dont une est décrite au chapitre III. Comme NORMAN, nous en étions arrivé à la conclusion que la crête centrale de ces collines est d'origine sous-glaciaire et les sédiments de part et d'autre d'origine pro-glaciaire. Or, HOPPE (1960, p.200) arrive à la même conclusion à propos de formes similaires du nord suédois: "The glaci-fluvial plains ("hedarna") indicate an increase of the deposition per area, which is thought to be due to a relative standstill of the ice terminus, and then also of the mouth of the meltwater stream". Ces collines fluvio-glaciaires indiqueraient donc probablement des arrêts du front glaciaire en retrait.

6- La pente du terrain:

D'après l'orientation des angles que font les affluents de l'esker de Matagani, le sens dans lequel s'ouvrent les deltas d'eskers et l'inclinaison des strates, il ne fait aucun doute que l'écoulement fluvioglaciaire se faisait du nord vers le sud. Comment expliquer alors le fait que ces eskers remontent la pente? Si l'on prend en considération le relèvement isostatique (qui malheureusement n'est pas encore connu), la pente du terrain vers le nord devait être plus forte qu'actuellement au moment de la formation des eskers.

En ce qui concerne les eskers qui ont achevé leur formation à l'air libre, nous croyons qu'ils ont pu se former de façon similaire à des sandurs-deltas, entre des parois de glace. Quant aux eskers formés sous la glace ou au débouchés de tunnels, seule une forte pression hydrostatique dans les tunnels sous-glaciaires peut expliquer leur mise en place.

C- Conclusion

Nous avons donc pris en considérations six éléments propres à la région étudiée pour comprendre l'origine des eskers:

- 1- Les dimensions des eskers.
- 2- La provenance des matériaux qui les composent
- 3- Les influences du socle
- 4- Les successions de deltas d'eskers
- 5- Les kettles de part et d'autre de l'esker de Matagani dans sa partie nord.
- 6- La pente du terrain.

A partir de ces considérations, nous sommes en mesure de proposer divers modes de mise en place pour les eskers de la région. Nous verrons d'abord le cas de l'esker de Matagami, puis nous étudierons les autres eskers de la région.

1- L'esker de Matagami.

Dans sa moitié sud, la mise en place de l'esker de Matagami, bien qu'ayant pu débuter dans des conditions sous-glaciaires, s'est probablement achevée à l'air libre dans des chenaux ou dans des canyons dans la glace. Les segments 12,13,14,15,19 et 20 ont probablement été mis en place ainsi. Quant aux segments 11,15 et 17, contrôlés par les accidents du socle rocheux, ils ont probablement été mis en place dans le lac glaciaire comme des dépôts d'obturation typiques. Le segment 16, plaine d'épandage fluvio-glaciaire située en partie au-dessus de 400 m (1300 pieds), a probablement été, dans sa partie amont, formé dans des conditions sub-aériennes.

La moitié nord de l'esker de Matagami semble avoir été mise en place en partie dans un tunnel sous-glaciaire et en partie sous forme de deltas au débouché de ce tunnel lors des arrêts du front glaciaire en retrait.

2- Les autres eskers:

Sauf quelques exceptions appartenant aux types "sandplain" et "retrogressive" les autres eskers de la région semblent pour la plupart devoir leur formation à des deltas successifs accumulés aux débouchés de tunnels sous-glaciaires. Toutefois, on ne peut déterminer le mode de mise en place des segments d'eskers non classés au chapitre X parce qu'ils sont en trop grande partie dissimulés sous les argiles glacio-lacustres.

Chapitre XII

Déglaçiation de la région étudiée

Sommaire:

- A) Fente glaciaire sur les superficies en affleurements: p. 164
- B) Retrait du front glaciaire dans la plaine argileuse: p. 165
- C) Les positions du front glaciaire en retrait: p. 167
- D) Les étapes de la déglaciation: p. 168

XII

Déglaciation de la région étudiée

Les étapes du retrait glaciaire ne peuvent être bien comprises sans d'abord étudier les unités physiographiques qui ont posé des cadres à la déglaciation. Les deux principales unités physiographiques de la région sont les superficies en affleurement rocheux, au relief très morcelé, et la plaine argileuse, à topographie uniforme. Sur chacune de ces unités, la calotte glaciaire a rétréci d'une façon particulière.

A - Fente glaciaire sur les superficies en affleurement:

Les collines formées par le batholite de Lacorne et quelques grands affleurements au NE de Pascalis constituent les principales superficies en affleurement de la région. On ne retrouve sur ces surfaces rocheuses aucune forme susceptible de marquer une position du front glaciaire. Seules quelques stries et quelques crag-and-tails ont été observées par TREMILAY (1956) dans les collines de Lacorne. Ces formes indiquent que la glace s'y écoulait

vers le SSE. Le relief, dans ces espaces rocheux, est très morcelé, les collines atteignant parfois plus de 100 m (300 pieds) d'altitude relative. Nous croyons que la disparition de la calotte glaciaire dans ces régions rocheuses a pu se produire de la façon suivante: à mesure que la marge glaciaire s'amincissait, les buttes rocheuses les plus élevées émergeaient de la glace, formant des nunataks; puis, continuant à s'amincir, la glace se morcela à la suite du contrôle que lui imposait la topographie rocheuse, laissant dans les creux entre les collines des masses de glace isolées qui fondirent sur place.

B- Retrait du front glaciaire dans la plaine argileuse:

La plaine argileuse renferme certaines formes susceptibles de correspondre à des positions successives du front glaciaire. La topographie de la roche en place, sous les dépôts glaciolacustres, ne peut être très accentuée car, à la suite de nombreux forages, nous savons que les dépôts varvés du lac Barlow-Ojibway ont tout au plus de 15 à 20 m (50 à 60 pieds) d'épaisseur moyenne. Si le fond rocheux était inégal, il y aurait une densité d'affleurements rocheux beaucoup plus grande dans la plaine d'argile. Lors du retrait glaciaire, la topographie du socle rocheux devait donc présenter un milieu relativement plat, n'imposant que peu de contrôle à la glace qui s'amincissait. Les principales formes qui nous aideront à retracer les positions successives du front glaciaire sont les moraines annuelles, les stries, les eskers et les deltas d'eskers.

1- Les moraines annuelles:

Dans la région de Barraute et du lac Fiedmont, des moraines annuelles ont été cartographiées par TREMBLAY (p.65) :

" The moraines of the Fiedmont map-area are low ridges, 6 to 8 feet high and about 15 feet wide, and traceable in the field for a few thousand feet. They are composed of till, and carry boulders of local origin on their tops. Distances between them vary from 100 to 800 feet, but are commonly 400 to 600 feet. These moraines are most common in the low plain area, and seem to be rare or missing in the rugged hilly area of Lacorne Township".

Ces moraines annuelles, que nous avons retrouvées sur les photos aériennes, se rencontrent en général par petits groupes de cinq ou de six. A proximité de l'esker de Matagami, elles s'orientent E-W; mais plus on s'éloigne vers l'est, plus leur orientation devient SE-NW.

2- Les stries glaciaires

On retrouve des stries sur les petits affleurements rocheux qui apparaissent ici et là dans la plaine argileuse. En général, elles sont perpendiculaires aux moraines annuelles. Les stries que nous avons observées à l'ouest de l'esker de Matagami indiquent un écoulement glaciaire de direction SSE tandis que celles observées par TREBLAY dans la région du lac Fiedmont, à l'est de l'esker de Matagami, indiquent un écoulement vers le SSW et le SW.

3- Les eskers et les deltas-d'eskers.

Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, l'esker de Matagami s'appuie, au sud du lac Fiedmont, contre le versant est des collines de Lacorne et semble être d'origine différente des autres eskers de la région. De plus, les stries ont des orientations convergentes de part et d'autre. Il semble bien que cet esker, du moins dans sa partie sud, soit en fait dû à une accumulation interlobaire. Ceci expliquerait pourquoi, comme nous l'avons

fait remarquer au chapitre VI, cet esker se situe à la jonction entre les deux groupes d'eskers abitibiens.

Quant aux autres eskers de la région, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, ils ont apparemment été mis en place aux débouchés, au front glaciaire, de tunnels sous-glaciaires, formant ainsi des successions de deltas d'eskers. Ces deltas nous permettront de situer les positions du front glaciaire en retrait.

C- Les positions du front glaciaire en retrait:

La technique pour retrouver les tacés successifs du front glaciaire nous a été inspirée par NORMAN et par des auteurs scandinaves, surtout HOPPE (1960, 1961). Cette technique a consisté à relier les deltas d'esker d'un esker à l'autre en traçant une ligne perpendiculaire aux eskers et aux stries et parallèles aux moraines annuelles. La ligne ainsi tracée nous donne approximativement la position du front glaciaire à un moment donné durant son retrait. Nous avons commencé par tracer les positions du front glaciaire les plus facilement discernables; puis, les positions moins sûres furent tracées en nous appuyant sur les premières. Nous croyons que cette technique donne une image assez réaliste du retrait glaciaire dans la région bien qu'un plus grand nombre d'observations sur le terrain impliqueraient certaines modifications. Les positions successives du front glaciaire apparaissent sur les cartes au 1: 50 000 en pochette. Ce front devait être assez abrupt comme c'est le cas actuellement pour les fronts des langues glaciaires qui viennent veler dans la mer.

Nous pouvons estimer la hauteur minimum du front glaciaire. En effet, la plaine d'épandage du lac Legendre et les plus hauts points de l'esker de

Matagami se situent à une altitude de 400 m (1300 pieds) tandis que les argiles lacustres se trouvent à une altitude moyenne de 300 m (1000 pieds), recouvrant le socle sur une épaisseur moyenne de 15 m (50 pieds). La différence entre l'altitude des plus hauts dépôts fluvio-glaciaires, 400 m (1300 pieds), et l'altitude du socle rocheux, 285 m (950 pieds) ($400 \text{ m} - 15 \text{ m} = 285 \text{ m}$), nous donne donc la hauteur minimum du front glaciaire: 115 m (350 pieds).

D- Les étapes de la déglaciation:

1- Le mouvement des lobes glaciaires:

La rencontre entre deux lobes de glace devait probablement se faire au sud de la région, aux environs de Val d'Or. L'évidence de cette rencontre a bien été démontrée par BOISBONNEAU (1968, fig. 4). Le lobe est, qui s'écoulait vers le SW semble avoir entravé l'écoulement du lobe ouest, qui se faisait vers le SSE. Il semble que les deux lobes aient pu retraire à peu près simultanément.

A partir de la marge sud des collines de Lacorne, seules les positions successives du front du lobe est apparaissent sur nos cartes. En général, le front de ce dernier lobe est orienté ESE-WNW mais, à proximité de l'esker de Matagami il s'incurve et devient E-W. Ce tracé est suggéré par les orientations des stries, des moraines annuelles et surtout des affluents de l'esker de Matagami.

Nos observations de terrain nous portent à croire qu'à l'ouest de l'esker de Matagami, les tracés du front glaciaire seraient symétriques par rapport à ceux du lobe oriental, le tout formant une courbe concave vers le sud avec

au centre l'esker de Matagami. Ceci correspond aux observations de TRENDLAI:

" the main esker (esker de Matagami) in this map area has been formed by the largest stream. Further, because the stream was large, it is probable that the ice melted faster there than at any other place in the east or west in this map area, and that the ice front was, therefore concave towards the south, as already suggested by the glacial striae."

Les deux lobes retraient chacun de leur côté. Il ne fait aucun doute selon LAVERDIERE (1969) que le lobe est appartenait à la calotte laurentidienne et retraient vers le centre de la péninsule Québec-Labrador. Quant au lobe occidental, LAVERDIERE (p. 232) l'appelle lobe de Cochrane-Amos. Ce dernier auteur associe ce lobe à la réavancée Cochrane décrite en Ontario par HUGHES (1965) et BOISSONNEAU (1966). Or, à la frontière Québec-Ontario, BOISSONNEAU (1966, fig. 4) fixe la limite sud de la réavancée au-delà du 49° parallèle, donc à une latitude plus élevée que celle (48°) où nous observons la rencontre entre les deux lobes. De plus, nos observations de terrain à l'ouest de l'esker de Matagami ne nous ont pas permis d'observer des traces de réavancée. S'il y eut réavancée en Abitibi, celle-ci s'est produite vers l'extrémité nord de la région, où nos observations n'ont pas débordé le cadre de l'esker de Matagami. Toutefois, nous sommes d'accord avec LAVERDIERE pour prétendre que le lobe occidental est le même que celui qui, à une certaine époque, a connu la réavancée Cochrane. Ce lobe, retraient vers le NW, semble avoir fondu sur place aux environs du 50° parallèle.

2- Datation et vitesse de recul

N'ayant en main aucune datation au carbone radioactif ni d'étude systématique de varves pour la région étudiée nous ne devons nous borner qu'à estimer la date du retrait glaciaire dans la région. TERASIAE et HUGHES (1969) datent le maximum de la réavancée Cochrane à environ 3275 B.P.. Comme il n'y

a, apparemment, aucune évidence stratigraphique de cette réavancée au sud du 49° parallèle, il s'ensuit donc que la déglaciation de la région de Val d'Or-Barrute ne peut qu'être antérieure à cette date.

Par des comptages de varves ANTEVS (1925) a évalué qu'en Ontario le recul annuel du front glaciaire fut de l'ordre de 454 à 820 pieds. NORMAN, selon l'espacement entre les moraines annuelles estime le recul annuel du front glaciaire à 200 m (600 pieds) au SW de Chibougamau. Dans notre région, l'espacement entre les moraines annuelles cartographiées par TRELLAY est de 130 à 200 m (400 à 600 pieds). Nous pouvons donc, à partir de ces données fragmentaires, établir une échelle approximative du retrait glaciaire dans la région, soit environ 6 ans par kilomètre (10 ans par mille)¹. La distance N-S du 49° parallèle à Val d'Or étant d'environ 120 kilomètres (72 milles), nous pouvons ajouter au moins 720 ans à la date de la réavancée Cochrane proposée par HUGHES, ce qui donne environ 8995 ans B.P. pour la déglaciation de la région de Val d'Or. Selon la même échelle (166 m par an) la période de temps entre les fronts glaciaires cartographiés varie de 3 à 20 ans environ.

Conclusion:

La déglaciation a donc débuté dans le sud de la région étudiée il y a environ 8995 ans B.P. et s'est caractérisé par un recul relativement régulier du front glaciaire dans la plaine argileuse, à un rythme annuel d'environ 166 m (523 pieds). Dans les limites de la région étudiée, le lobe glaciaire appartenait à la calotte laurentidienne et était en contact avec un autre

1- Cette échelle équivaut à 166 m par an (523 pieds par année).

Lobe, celui de Cochrane-Aros. L'esker de Matagami est probablement un dépôt interlobaire, accumulé à mesure que les deux lobes retraient à peu près simultanément, tandis que les autres eskers appartiennent au lobe laurentien.

Chapitre XIII

Potentiel économique des eskers de la région

Sommaire:

- A) Les ressources en gravier: p. 173
- B) Les sources d'eau de bonne qualité: p. 175
- C) Le potentiel d'aménagement récréatif: p. 178
- D) La prospection alluvionnaire: p. 178

XIII

Potentiel économique des eskers de la région

En Abitibi, les eskers présentent plusieurs aspects économiques importants. Toutefois, quatre de ces aspects nous semblent dominer:

- a) Les ressources en gravier.
- b) Les sources d'eau de bonne qualité.
- c) Le potentiel d'aménagement récréatif.
- d) La prospection alluvionnaire.

A- Ressources en gravier

Dans cette région de plaine argileuse le gravier est un matériau capital pour la construction des routes et des voies ferrées. La grande majorité des gravières de la région se situent d'ailleurs dans les eskers. Plusieurs de ces exploitations datent de l'époque de la construction du chemin de fer

transcanadien. Ces gravières, aujourd'hui abandonnées, se caractérisent par des successions de petits bourrelets linéaires dans le fond. Ces bourrelets ont probablement été formés par le déplacement latéral des grues sur rail à mesure que reculait le flanc de la gravière en exploitation. On rencontre ces gravières typiques chaque fois que le chemin de fer, traversant la région d'est en ouest, recoupe un esker (photo 9).

Les gravières actuellement en exploitation fournissent des matériaux pour les routes, et avant tout pour les chemins de pénétration forestière. Toutefois, peu de routes importantes sont construites sur les eskers, mise à part la route de Natagan, d'une qualité remarquable. L'orientation générale S-N des eskers est un atout malheureusement peu exploité pour la planification des routes vers les forêts exploitables ou même vers la baie de James. Souvent, on aurait des voies toutes tracées. La disposition actuelle du cadastre, composé de cantons carrés de 10 milles (16 km) de côté divisés en dix rangs de 1 mille (1.6 km) de largeur eux-mêmes subdivisés en lots, sans tenir compte des contraintes du terrain, n'a par ailleurs pas favorisé le passage de routes sur les eskers. L'octroi actuel des concessions forestières selon le même système cause parfois de sérieux problèmes aux exploitants qui doivent traverser des espaces argileux et marécageux.

Certains bas-flancs d'eskers présentent des conditions favorables pour l'installation d'aéroport: une pente très faible, presque nulle, et un sous-sol homogène et stable dans des matériaux facilitant le drainage. En plus, l'esker fournit le matériau nécessaire au gravelage des pistes. On retrouve ces conditions idéales à l'aéroport de Val d'Or, situé au sud de la région

étudiée, de même qu'aux aéroports d'Amos et de Rouyn plus à l'ouest. A La Sarre, une piste d'atterrissage est aménagée à même le sommet d'un esker large et plat.

B- Sources d'eau de bonne qualité

L'eau contenue dans les eskers est une autre ressource importante. En effet, le sable et le gravier des eskers, délimités de part et d'autre par les argiles glaciolacustres, sont de bons aquifères. Une source (photo 36) d'eau, jaillissant de l'esker de Matagami au contact entre les sédiments fluvio-glaciaires et l'argile glaciolacustre, nous laisse croire que le niveau de la nappe phréatique, à cet endroit dans l'esker, y est plus élevé que le niveau de la plaine argileuse environnante. Nous croyons que les argiles glaciolacustres, imperméables, peuvent retenir latéralement la nappe phréatique dans l'esker. PARSON (1970), dans son travail d'hydrogéologie dans la région de Cochrane (région très similaire à la nôtre), démontre que les eskers contiennent non seulement des réservoirs, mais des systèmes à circulation hydraulique importante.

Les réserves d'eau contenues dans un esker peuvent être très grandes. Par exemple, la ville d'Amos (10,000 habitants) puise toute son eau dans un esker sans jamais connaître ni de pénurie, ni de baisse saisonnière de qualité. La station de pompage de cette ville est située juste au contact entre les sédiments fluvio-glaciaires et l'argile lacustre.

Les eaux contenues dans les eskers courent toutefois un certain danger de pollution. En effet, chaque fois qu'une gravière est abandonnée, on l'utilise



Photo 36. Source au pied du versant de l'esker de Matagani. Au SE de Landrienne. Largeur du ruisseau, 2 m (6 pieds).

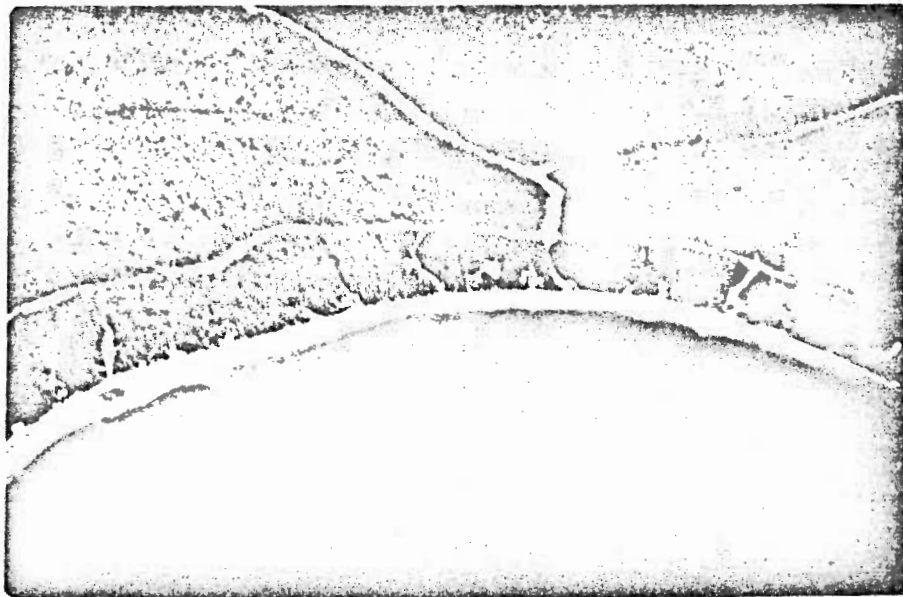


Photo 37. Vue aérienne de la moitié est du lac Legendre, avec une plage sableuse, une eau claire et de nombreux chalets.

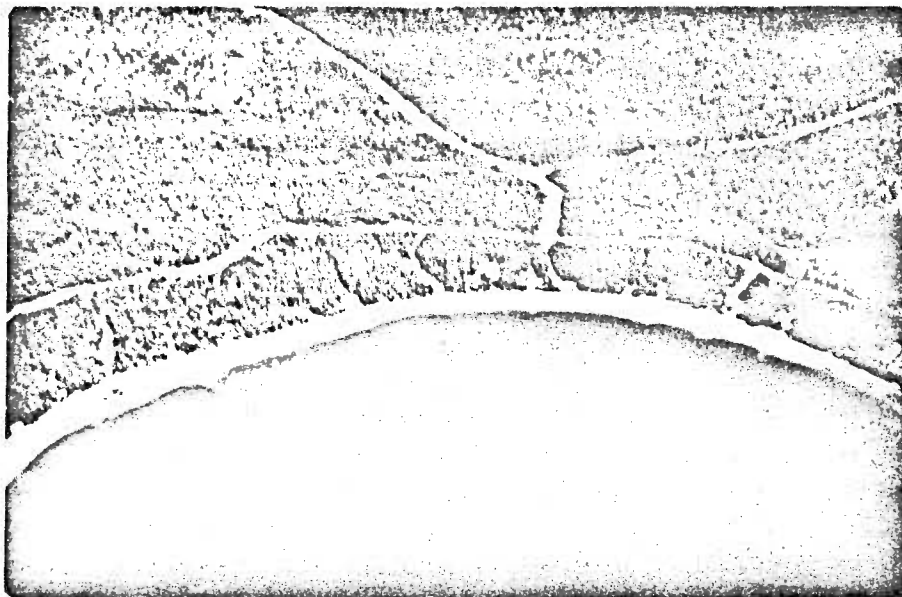


Photo 37. Vue aérienne de la moitié est du lac Legendre, avec une plage sableuse, une eau claire et de nombreux chalets.

comme dépotoir. Cette habitude pourrait conduire à des infiltrations dans les eskers d'eau bactériologiquement et chimiquement insalubre.

C- Potentiel d'aménagement récréatif

Les eskers présentent aussi des aspects intéressants de récréation estivale. Les nombreux lacs de kettles qui y sont disséminés sont les seuls en Abitibi à posséder des fonds de sable et des eaux limpides. Il n'est pas surprenant de constater que tous les lacs à proximité d'eskers s'attirent la préférence des propriétaires de chalets et des amateurs de camping. Il n'est pas rare de voir de petits lacs de kettles de pas plus de 100 m (300 pieds) de diamètre aux bords complètement "chaletisés" ou aménagés en terrain de camping. Notre photo aérienne (37) du lac Legendre, occupant un mouille dans le tracé d'un ancien chenal de drainage glaciaire, illustre bien ce potentiel récréatif des eskers.

D- Prospection alluvionnaire

Cette prospection alluvionnaire est actuellement effectuée par le Ministère des richesses naturelles du Québec. Des essais sont en cours afin de retracer, d'après l'échantillonnage de minéraux lourds tout au long des eskers, les affleurements possibles d'où ont été érodés ces minéraux. Cette méthode, ainsi que l'échantillonnage des tills par sondage, s'avère nécessaire dans cette région où la plus grande partie de la roche en place est masquée par les dépôts glacio-lacustres.

Ces quatre aspects économiques revêtent donc tous une très grande importance pour l'Abitibi qui cherche actuellement à sauver son économie en

difficulté. Il est dommage de constater à quel point une mauvaise planification territoriale, réalisée uniquement à partir de carrés dessinés sur une carte, a négligé ces accumulations allongées de gravier qui auraient pu jouer un rôle presque aussi important que les cours d'eau dans le système seigneurial du Québec méridional.

Chapitre XIV

Conclusions générales

Sommaire:

A) Brève synthèse:

B) Discussion sur les techniques utilisées:

XIV

Conclusions générales

A- Brève synthèse

La région étudiée fut donc le lieu de rencontre de deux lobes glaciaires qui commencèrent à retraiter il y a environ 8995 ans E.P. aux environs de Val d'Or. L'esker de Matagami semble être en réalité un dépôt interlobaire et sa mise en place s'est effectuée en grande partie à l'air libre. Quant aux autres eskers de la région, ils appartiennent à un lobe glaciaire en retrait vers le NE, c'est-à-dire vers le centre de déglaciation de la péninsule Québec-Labrador. Ces eskers ont, pour la plupart, été formés au débouchés de tunnels sous-glaciaires dans les eaux du lac Barlow-Ojibway.

L'étude des structures sédimentaires montre que la mise en place des eskers n'a pas nécessairement été continue. Deux phases de sédimentation, une

proximale et une distale, apparaissent dans plusieurs coupes. Dans d'autres coupes, les eskers présentent des séquences sédimentaires de nature cyclique ou encore, des périodes calmes suivies de périodes de crises. Selon nous, la plupart de ces structures sédimentaires reflètent les variations saisonnières du débit des eaux de fusion glaciaire.

Les vagues du lac Barlow-Ojibway ont laissé une forte empreinte sur la morphologie des eskers abitibiens. Des escarpements d'érosion ont été observés sur le flanc des eskers jusqu'à une altitude maximum de 363 m (1200 pieds). En deça de ce niveau, certains segments d'eskers ont subi de profondes modifications; par endroit, leurs crêtes ont été abaissées et déplacées par les vagues. Dans ces modifications, la crête est toujours déplacée vers l'est, ce qui indique une prédominance des vagues, donc des vents, venant de l'ouest. Une phase lacustre terminale, relativement stable, laisse finalement sa marque entre 323 et 333 m (1050 et 1100 pieds) et se caractérise par de nombreuses falaises mortes, des flèches, des cordons littoraux, et quelques tombolos.

A mesure que le niveau lacustre baissait, le vent s'attaquait aux sables des eskers que la végétation, ralentie par un climat froid, n'avait pas eu le temps de coloniser. On retrouve quelques dunes au-dessus du niveau lacustre, donc contemporaines du lac glaciaire. D'autres sont associées à d'anciens littoraux sur les versants des eskers; d'autres enfin, apparaissent dans des tourbières à l'est des eskers. Ces dernières dunes, aujourd'hui fixées par la tourbe, ne peuvent avoir été formées que sous climat périglaciaire, après le retrait final des eaux lacustres, donc au tardiglaciaire.

B- Discussion sur les techniques utilisées:

1- La photointerprétation:

La photointerprétation, à partir de photographies en noir et blanc au 1: 15 340, s'est révélée très efficace dans une région difficile d'accès comme l'Abitibi. Les dépôts de surface se distinguent assez bien sur les photos. En effet les sédiments fluvio-glaciaires apparaissent généralement sous une texture uniforme gris foncé due au pin gris associé aux sables et graviers de la région. L'argile apparaît d'un gris pâle à cause des aulnes et des peuplements d'épinette qui poussent dessus. Quant aux tourbières, elles forment de grandes taches blanchâtres.

En général, les formes diverses associées aux eskers, surtout d'origine lacustre et éolienne, sont facilement perceptibles au stéréoscope. Lors de la vérification sur le terrain de la photointerprétation de l'esker de Mata-gani, un nombre relativement peu élevé d'erreurs fut relevé.

2- Les observations sédimentologiques

Les analyses granulométriques et les structures sédimentaires se sont révélées très utiles pour nous aider à comprendre les modes de mise en place des eskers et les effets du remaniement lacustre sur les sédiments fluvio-glaciaires. Toutefois ces observations sont trop éparses et trop peu nombreuses, étant donné la grandeur de la région et la quantité infinies d'échantillons disponibles, pour nous permettre une description détaillée de la mise en place des eskers. Ces observations ne nous font voir que quelques aspects sédimentologiques liés à la formation des eskers.

3- Les techniques quantitatives:

L'analyse en facteur commun s'est montré un outil très puissant de classification. De ce côté, elle nous a rendu les résultats escomptés. Toutefois, un résultat inattendu est sorti de l'analyse: l'aspect géométrique des principaux facteurs dégagés. Ces facteurs (aspect en coupe transversale, donc hauteur et largeur, vs aspect longitudinal ie longueur) sont orthogonaux dans l'espace physique comme le sont les axes principaux de l'analyse factorielle dans l'espace pluridimensionnel. De surcroît, l'introduction, dans l'analyse, de variables mesurant le remaniement lacustre et éolien n'affecte que l'aspect en coupe transversale de l'esker. Ceci est très normal puisque le remaniement lacustre dépend des hauteurs successives du lac Barlow-Ojibway et que le remaniement éolien dépend de la largeur de l'esker sur lequel le vent souffle, tandis qu'aucun remaniement ne peut affecter la longueur d'un esker.

Quant au programme de "GEOGRAPHICAL GROUPING", il faut l'utiliser avec prudence, car il attribue, au départ, la même valeur à chacun des facteurs alors qu'en réalité chaque facteur exprime une proportion différente de la variance totale. C'est pourquoi nous nous sommes permis d'introduire une forte part de subjectivité dans l'interprétation des résultats.

BIBLIOGRAPHIE

AARIO, Risto (1971)

Syn depositional deformation in the Kurkiselkä esker,
Kiiminki, Finland.

Bull. Geol. Soc. Finland 43, 163-172

AARIO, Risto (1972)

Associations of bed forms and paleocurrent patterns in
an esker-delta, Naapajarvi, Finland.

Suomalaisen Tiedeskatemian Toimituksia, sér. A, III, 111

ANTEVS, Ernest (1925)

Retreat of the last ice-sheet in Eastern Canada.

Canada, com. géol., Mem. 146

BELL, L.V. et BELL, A.M. (1933)

Région de Saguenay, comté d'Abitibi.

Qu. Min. rich. nat., rapp. B1933

BELL, Robert (1900)

Bassin de la rivière Nottaway.

Canada, comm. géol., rapp. annuel, Vol. XIII, 1900

BLAKE, D.A.W. (1953)

Région du lac Waswanipi (nord-est), comté d'Abitibi-Est.

Qué., Min. rich. nat., rapp. 59

BOISSONNEAU, A.N. (1966)

Glacial history of Northeastern Ontario, I, the Cochrane-Hearst area.

Canadian jour. earth sci., Vol. 3, No 5, p. 557-578

BOISSONNEAU, A.N. (1966)

Glacial history of Northeastern Ontario, II, the Teniskamung - Altona area.

Canadian jour. earth sci. Vol. 3, No 1, p. 97-110

CHADWICK, G.H. (1929)

Adirondack eskers.

Geol. soc. of America Bull., Vol. 39, p. 923-930

CHARLESWORTH, J.K. (1966)

The Quaternary era, with special reference to its glaciation. Vol. 1 Glaciology - glacial geology.

Londres, Edward Arnold Ltd

COOK, H.C. (1923)

La région d'Ouesatika, conté de Timiskaming, Québec.

Canada, comm. geol., rapp. sommaire 1922, part D, p. 1-62

CROSBY, W.C. (1902)

Origin of eskers.

American geologist, Vol. 30, p. 1-39

DE GTER (1927)

Om fullstensbarnes bildningsstätt.

Geol. Foreningens i Stockholm Förhandlingar, Vol. 19, No 366
Sveriges geol. undersökning, Ser. C, 173

DE GTER (1940)

Geochronologia suecica principes.

Stockholm, Almqvist & Wissells Boktryckeri -A-B.

DRYER, C.R. (1901)

Certain peculiar eskers and esker lakes of northeastern Indiana.

Jour of Geol., Vol. 9, p. 123-129

EMBLETON, Clifford and KING, Catharine A.M. (1968)

Glacial and periglacial geomorphology.

Edward Arnold (Publishers) Ltd, Alva, Scotland.

ERIKSSON, Gosta K. (1960)

Studier over Stockholmasen vid Halmsjon

(Summary: Studies of Stockholm ase at Halmsjon, Upland, Sweden).

Geol. Foreningens i Stockholm Forhandlingar, Vol. 82, No 43

FLINT, R.F. (1928)

Eskers and crevasse fillings.

American jour. of sci., Vol. 235, p. 410-416

FLINT, R.F. (1930)

The origin of Irish "esker".

Geogr. Rev., Vol.20, p. 615-630

FLINT, R.F. (1947)

Glacial geology and the Pleistocene Epoch.

John Wiley & Sons.

FOLK, R.L. and WARD, W.C. (1957)

Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters.

Jour. Sed. Petr., Vol. 27, No 1, p. 3-26

GILES, A.W. (1913)

Eskers in vicinity of Rochester, New-York.

Rochester Acad. of sci. proc., Vol.5, p. 161-240

GOLDTHWAIT, Lawrence (1939)

Eskers chains of the Attleboro, Massachusetts district.

American jour. sci., Vol. 237, p. 110-115

GRANO, Olavi (1958)

The Vossö esker in southern Finland and its economic importance.

Fennia, Vol. 82, No 1

GUILCHER, André (1954)

Morphologie littorale et sous-marine

Paris, P.U.F.

HAMELIN, L.E. et DUMONT, B. (1954)

La Colline Lesueur (Etude de morphologie glaciaire).

Note de Géogr., No 7

HANSON, G.F. (1943)

A contribution to experimental geology: the origin of esker.

American jour. sci., Vol. 241, p. 447-452

HELLAAKOSKI, Aaro (1931)

On the transportation of materials in the esker of Laitila.

Fennia, Vol. 52, No 7

HOLST, N.O. (1876)

Om de glaciäla rullstenösarne.

Geol. Föreningens i Stockholm Förhandlingar, Vol. 3,
No 97

HOPPE, Gunnar (1960)

Glacial morphology and inland ice recession in northern Sweden.

Geogr. ann., Vol. 41, p. 193-212

HOPPE, Gunnar (1961)

The continuation of the Uppsala esker in the Bothnian sea and ice recession in the Gävle area.

Geogr. Ann., Vol. 43, p. 329-335

HOPPE, Gunnar (1963)

Subglacial sedimentation, with examples from northern Sweden.

Geogr. ann., Vol. 45, p. 41-49.

HOWARTH, P.J. (1966)

An esker, Erebnanfur fjöllum, Iceland.

Rep. Br. geomorph. Res. Gro., Symposium at St-Andrews, p.6-9

HUGHES, O.L. (1965)

Surficial geology of part of the Cochrane district, Ontario, Canada.

Inter. stud. on the Quaternary, Wright H.E. & David Gray ed.

Geol. soc. America, spec. paper 84, p. 535-565

EWAN, D.L. (1952)

Measures for describing the size distribution of sediments.

Jour. sed. petr., Vol. 22, No 3, p. 125-145

JENTUCHOWICZ, S. (1965)

Description of eskers and kames in Gashanoora and Bingetreen, south of Hornsund, Västspitsbergen.

Jour. of Glaciol., Vol. 5, No 41, p. 719-725

JOHNSTON, J.F.E. (1902)

Partie orientale de la région d'Abitibi.

Canada, Comm. geol., rapp. sommaire pour 1901, Vol., XIV, partie A, p. 140-154

KRUMBEIN, W.C. (1936)

Application of logarithmic moments to size frequency distributions of sediments.

Jour. sed. petr., Vol. 6, p. 35-47

LAVERDIERE, Camille (1969)

Le retrait de la calotte de Scheffer: du Témiscamingue au Nouveau-Québec.

Rev. geogr. Montréal, Vol. XXIII, No. 3, p. 233-246

LEE, H.A. (1965)

Investigation of eskers for mineral exploration.

Canada, Comm. geol., paper 65-14, p. 1-17

LETOURNEUR, J. et MICHEL, R. (1971)

Géologie du génie civil.

Coll. U, Armand Colin, Paris

LEWIS, W.V. (1949)

An esker in process of formation: Boverbreen, Jotunheimen, 1947.

Jour. of glacial., Vol. 1, No. 6, p. 314-319

MANSIKKANIEMI, Hanna (1972)

Saven peittämä harju Paimionjokilaaksossa
(A clay-covered esker in the Paimionjoki valley).

Terra, Vol. 84, No 3, p. 103-114

MC DONALD, B.C. et VINCENT, J.S. (1972)

Fluvial sedimentary structures formed experimentally in a
pipe and their interpretation of subglacial sedimentary
environments.

Canada, can. geol., paper 72-27

MEIER, M.F. (1951)

Recent eskers in the Wind river mountains of Wyoming.

Iowa Acad. of sci. proc., Vol. 53, p. 291-294

MICHALSKA, Zofia (1971)

The origin of eskers as exemplified by the eskers of middle
Poland.

Stud. geol. Polonica, Vol. 36

NORMAN, G.W.H. (1938)

The last Pleistocene ice-front in Chibougamau district, Québec.

Trans. Soc. roy. du Canada, ser.3, Vol. 32, sec. 4, p. 69-86

OKKO, Veikko (1951)

Ancient clay balls in Finnish eskers (Suomen geologinen seura).

Julkaisuja, No 24

Finlande, Com. géol., Bull. 154, p. 127-135

OKKO, Veikko (1955)

Glacial drift in Iceland. Its origin and morphology

Finlande, com. géol., Bull. 170, 133 p.

OKKO, Veikko (1953)

On the thermal behavior of some Finnish eskers. A preliminary report.

Fennia, Vol. 31, No. 5, 33 p.

PARSON, Hyles L. (1970)

Groundwater movement in a glacial complex, Cochrane district, Ontario

Canadian jour. of earth sci., Vol. 7, No 3, p. 369-383

POTTER, P.E. and PETTIJOHN, F.J. (1963)

Paleocurrents and basin analysis.

Springer - Verlag, Berlin

PRICE, Robert J. (1966)

Eskers near the Casement glacier, Alaska

Geogr. Ann., Ser. A, Vol. 48, p. 111-125

RANKAMA, Kalervo (1965)

The Quaternary. Vol. 1

Interscience Publishers, div. of John Wiley & Sons.

SEPPALA, Matti (1971)

Evolution of eolian relief of the Kaamasjoki
Kiellojoki river basin in Finnish Lapland.

Fennia, Vol. 104

SHARP, R.P. (1949)

Studies of the supraglacial debris on Valley glacier.

American jour. of sci., Vol. 247, p. 289-315

STRANDMARK, P.W. (1889)

Om jökeleflvar och rullstenar.

Geol. Föreningens i Stockholm Föreläsningar, 11, 93.

SZUPRZYCKI, Jan (1965)

Eskers and kames in the Spitzbergen area.

Geogr. Polonica, Vol. 6, p. 127-140

TANNER, V. (1932)

The problems of the eskers. III. The esker like gravel ridge of Sahastoaiv, Lapland

Fennia, Vol. 55, No 4

TANNER, V. (1934)

The problem of the eskers. IV. The glacio-fluvial formations of the Russe'nielke Villars, Petcaab, Lapland.

Fennia, Vol. 58, No 1

TANNER, V. (1937)

The problems of the eskers. V. The Tälisvuon'puolstka Esker in Enontekiö Laxmark.

Fennia, Vol. 63, No 1

TANTON, T.L. (1920)

La bassin des rivières Massicanaw et Fargoon dans le nord du Québec.

Canada, comm. geol., Men. 109, IV,

TERASMAE, J and HUGHES, O.L. (1960)

Glacial retreat in North Bay area, Ontario

Sci., Vol. 131, No 3411, p. 1444-1446

TREMBLAY, L.P. (1956)

Région de Fiedmont, comté d'Abitibi, Québec.

Canada, Comm. géol., Mem. 253, VII

TREMBLAY, Germain (1971)

Geologie et geomorphologie quaternaires à l'Est du lac
St-Jean, Québec, Canada. Tome I, texte.

Thèse de doctorat, Université de Paris, non publiée

TREMBLAY, Germain (1973)

Abitibi, rapp. préliminaire

Québec, Min. rich. nat., rapp. préliminaire

TROWBRIDGE, A.C. (1914)

The formation of eskers

Iowa Acad. sci. proc., Vol. 21, p. 211-218

VIRKKALA, K (1958)

Stone counts in the esker of Hameelinna, southern Finland.

Compte rendu, Soc. geol. Finlande, 30

Finlande, comm. geol., Buel, 180, 37

WADAR, Stanislaw (1962)

Oz Gostininski

Acta geogr. Lodzienia, No 14

WILSON, J.T. (1938)

Glacial geology of North-Western Quebec.

Trans, Soc. roy. Can., ser. 3, Vol. 32. sec. 1V, p. 49-69

LISTE DES PHOTOS

- Photo 1 : Vue aérienne d'un tronçon de l'esker de Matagami..... p. 11
- Photo 2 : Stéréotriplets montrant le décrochement de la crête de
l'esker de Matagami alors qu'un dyke lui barre la route . p. 16
- Photo 3 : Elargissement de l'esker de Matagami alors qu'il se heurte à la colline Video..... p. 17
- Photo 4 : Décrochement latéral de la crête de l'esker de Matagami.. p. 20
- Photo 5 : Stéréogramme montrant l'alignement des kettles de part
et d'autre de la crête de l'esker de Matagami..... p. 22
- Photo 6 : Alignement de kettles le long de l'esker de Matagami..... p. 26
- Photo 7 : Montage illustrant la plaine d'épandage fluvio-glaciaire
du lac Legendre..... p. 28
- Photo 8 : Stéréotriplets montrant un escarpement d'origine lacustre
sur le versant ouest de l'esker de Matagami..... p. 32
- Photo 9 : Stéréogramme montrant le déplacement vers la droite et
l'abaissement de la crête principale de l'esker de Matagami..... p. 39

Photo 10 : Escarpement d'érosion dans les graviers de l'esker de Matagami.....	p. 41
Photo 11 : Paleo-cordon littoral le long de l'esker de Matagami.....	p. 42
Photo 12 : flèche littorale recourbée au sud de Val d'Or.....	p. 43
Photo 13 : Stéréogramme montrant des dunes périglaciaires au SW du lac Legendre.....	p. 43
Photo 14 : Vue aérienne des dunes post-lacustres dans des tourbières	p. 51
Photo 15 : Segment d'esker à l'ouest de Senneterre.....	p. 57
Photo 16 : Segment septentrional du même esker qu'à la photo 15.....	p. 58
Photo 17 : Deltas fluvio-glaciaires coalescents dans la région de Roche-aux-Bois.....	p. 61
Photo 18 : Tombolo double et crête déplacée à l'ouest du lac Carpen- tier.....	p. 62
Photo 19 : Dunes littorales en réseau sur une plaine d'épandage flu- vio-glaciaire.....	p. 65
Photo 20 : Sables très grossiers et granules stratifiés horizontale- ment dans l'esker de Matagami.....	p. 91
Photo 21 : Structure en dôme vue en coupe transversale dans un esker	p. 92
Photo 22 : Stratification oblique dans des graviers et des blocs de l'esker de Matagami.....	p. 93
Photo 23 : Superposition du matériel proximal et du matériel distal dans l'esker de Matagami.....	p. 95
Photo 24 : Alternance de lits de gravier et de lits de sable d'appar- ence cyclique.....	p. 97

- Photo 25 : Lit de sable très fin intercalé entre des graviers et
un lit de blocs..... p. 98
- Photo 26 : "Cut and fill"..... p. 100
- Photo 27 : "Cut and fill"..... p. 101
- Photo 28 : "Cut and fill"..... p. 102
- Photo 29 : Rides de courant asymétriques dans des sédiments flu-
vioglaciaires..... p. 104
- Photo 30 : Lit dressé verticalement à la suite d'un effondrement.. p. 107
- Photo 31 : Injection de matériaux dans du matériel d'esker..... p. 108
- Photo 32 : Réseau de failles normales dans les sédiments de l'es-
ker de Matagami..... p. 109
- Photo 33 : Pavage de blocs près du sommet d'une coupe dans l'esker
de Matagami..... p. 111
- Photo 34 : Inclusions d'un bloc précambrien et d'une lentille d'ar-
gile lacustre dans les sédiments distaux de l'esker de
Matagami..... p. 113
- Photo 35 : Superposition d'argile lacustre sur des sédiments flu-
vioglaciaires..... p. 114
- Photo 36 : Source au pied du versant de l'esker de Matagami..... p. 176
- Photo 37 : Vue aérienne de la moitié est du lac Legendre avec une
plage sableuse, une eau claire et des chalets..... p. 177

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 : Localisation de la région étudiée..... p. 3
- Fig. 2 : Coupe transversale montrant l'esker de Matagami alors
qu'il s'appuie sur le versant est des collines de Lacorne. p. 18
- Fig. 3 : Coupes schématiques illustrant les deux modes hypothéti-
ques de formation des dépressions de part et d'autre de
l'esker de Matagami..... p. 25
- Fig. 4 : Etendues jadis sous les eaux du lac glaciaire Barlow-Ojib-
way..... p. 34
- Fig. 5 : Coupe transversale de l'esker Vessö en Finlande du sud
illustrant la structure interne et le profil de l'esker
remanié par les vagues..... p. 36
- Fig. 6 : Coupe transversale de l'esker de Matagami illustrant des
plages et une falaise morte sur les versants..... p. 37
- Fig. 7 à 10 incl. : Courbes granulométriques de sédiments lacustres p. 76 à 79
- Fig. 11 à 13 incl. : Courbes granulométriques de sédiments fluvio-
glaciaires..... p. 80 à 82

Fig. 14 : Courbes enveloppes, sédiments fluvioglaciaires et lacustres.....	p. 83
Fig. 15 : Courbes granulométriques des sédiments éoliens.....	p. 86
Fig. 16 : Dendrogramme illustrant les étapes du programme "GEOGRAPHICAL GROUPING".....	p. 144
Fig. 17 : Mode de formation des eskers dans une nappe d'eau au débouché d'un tunnel sous-glaciaire. D'après ANTE/S (1925).....	p. 157
Fig. 18 : Formation d'un esker dans une nappe d'eau au front d'un glacier en retrait. Selon LOUGEE (1953).....	p. 158

Fig. Hors texte

Cartes des eskers au 1:50 000

Val d'Or-Lac Guéguen

Barraute-Senneterre

Landrienne-Rochebaucourt

Obalski-Despinassy

Maizerets

Sauvé

Carte de localisation des eskers et des noms de lieux au 1:500 000

Carte des types d'eskers au 1:250 000

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Table de conversion des millimètres en valeur ϕ (ϕ).....	p. 70
Tableau 2 : Proportions et indices granulométriques des sédiments lacustres et fluvio-glaciaires.....	p. 73
Tableau 3 : Proportions et indices granulométriques des sédiments éoliens.....	p. 85
Tableau 4 : Principaux coefficients de saturation, seconde analyse factorielle.....	p. 135
Tableau 5 : Classification manuelle des types d'eskers selon les poids locaux des segments d'eskers sur les facteurs..	p. 141
Tableau 6 : Classification résultant de l'interprétation du dendrogramme.....	p. 147

TABLE DES MATIÈRES

I : Introduction.....	p. 1
A- <u>Localisation de la région étudiée</u>	p. 2
B- <u>Description du relief de la région</u>	p. 2
C- <u>Travaux antérieurs sur les eskers abitibiens</u>	p. 5
D- <u>Relèvés de terrain</u>	p. 6
E- <u>Objectifs du présent travail</u>	p. 6
II : Caractéristiques générales de l'esker de Matagami.....	p. 8
A- <u>Tracé et orientation</u>	p. 9
B- <u>Différences entre la moitié nord et la moitié sud</u>	p. 10
1- La moitié nord.....	p. 10
2- La moitié sud.....	p. 12
III : Influences de la structure géologique et formes associées	
à la mise en place de l'esker de Matagami.....	p. 14
A- <u>Influence de la structure géologique</u>	p. 15

B- <u>Formes associées à la mise en place</u>	p. 21
1- Les crêtes secondaires.....	p. 21
2- Les dépressions.....	p. 21
a) Les kettles.....	p. 21
b) Les chenaux de drainage glaciaire.....	p. 29
 IV : Formes de remaniement lacustre associées à l'esker de Matagami	p. 30
A- <u>Niveau maximum probable du lac Earlow-Ojibway</u>	p. 31
B- <u>Formes liées aux différentes phases du lac Earlow-Ojibway</u>	p. 33
1- Escarpement très net marquant le niveau maximum.....	p. 33
2- Modifications de la crête principale indiquant un retrait graduel des eaux.....	p. 38
3- Formes pré-littorales caractérisant l'étape finale.....	p. 40
 V : Formes éoliennes associées à l'esker de Matagami.....	p. 46
A- <u>Dunes édifiées lors du niveau maximum du lac glaciaire</u>	p. 49
B- <u>Dunes littorales associées au retrait des eaux lacustres</u>	p. 52
C- <u>Dunes post-lacustres</u>	p. 52
 VI : Intégration de l'esker de Matagami à l'ensemble des eskers de la région.....	p. 54
A- <u>Description du réseau d'esker abitibien</u>	p. 55

B- Géomorphologie comparée de l'esker de Matagami et des

<u>autres eskers</u>	p. 56
1- Les dimensions.....	p. 56
2- Formes liées à la mise en place.....	p. 59
a) Influence du socle.....	p. 59
b) Kettles.....	p. 60
c) Deltas d'eskers.....	p. 60
3- Formes de remaniement lacustre.....	p. 63
4- Dunes.....	p. 63

VII : Caractéristiques granulométriques des sédiments d'eskers et

associés.....	p. 67
A- <u>Echantillonnage et méthode utilisée</u>	p. 68
B- <u>Comparaison entre les sédiments fluvioglaciaires et les sédi-</u>	
<u>ments lacustres</u>	p. 72
1- Les pourcentages de gravier, sable et limon.....	p. 72
2- La moyenne, la médiane et l'écart-type.....	p. 74
3- Le skewness et le kurtosis.....	p. 75
C- <u>Les sédiments éoliens</u>	p. 84
<u>Conclusion</u>	p. 84

VIII : Les structures sédimentaires..... p. 89

A- <u>Les structures liées à la mise en place des eskers</u>	p. 90
--	-------

1- Les stratifications.....	p. 90
2- Les sédiments distaux et les sédiments proximaux.....	p. 94
3- Les alternances dans les stratifications.....	p. 96
4- Les lits d'étiage et les lits de crue.....	p. 99
5- Les " cut and fill".....	p. 99
6- Les rides de courants.....	p. 103
B- <u>Les structures de déformation</u>	p. 105
1- Les failles.....	p. 105
2- Les injections de matériaux.....	p. 110
C- <u>Les structures liées au remaniement lacustre</u>	p. 110
1- Les pavages de blocs.....	p. 112
2- Les inclusions.....	p. 112
<u>Conclusions</u>	p. 115
IX: Distinction des critères de classification.....	p. 117
A- <u>Hypothèses de départ</u>	p. 118
B- <u>Les étapes de l'analyse en facteur communs</u>	p. 121
C- <u>Détermination des segments et choix des variables</u>	p. 128
D- <u>Analyses</u>	p. 132
1- Résultats de la première analyse.....	p. 132
2- Résultats de la deuxième analyse.....	p. 134

X : Groupement en classes des eskers de la région.....	p. 139
A- <u>1ère étape; classification manuelle</u>	p. 141
B- <u>2ième étape; classification automatisée</u>	p. 142
C- <u>3 ième étape; distinction des types</u>	p. 148

XI : Origine des eskers.....	p. 151
A- <u>Les modes possibles de mise en place</u>	p. 152
B- <u>Eléments à considérer pour étudier l'origine des eskers</u>	p. 153
1- Les dimensions.....	p. 153
2- La provenance des matériaux.....	p. 154
3- Les influences du socle.....	p. 155
4- Les successions de deltas d'eskers.....	p. 156
5- Les kettles de part et d'autre de l'esker de Matagami dans sa partie nord.....	p. 156
6 - La pente du terrain.....	p. 161
<u>Conclusion</u>	p. 161

XII : Déglaciation de la région étudiée.....	p. 163
A- <u>Fonte glaciaire sur les superficies en affleurements</u>	p. 164

B- <u>Retrait du front glaciaire dans la plaine argileuse</u>	p. 165
1- Les moraines annuelles.....	p. 165
2- Les stries glaciaires.....	p. 166
3- Les eskers et les deltas d'eskers.....	p. 166
C- <u>Les positions du front glaciaire en retrait</u>	p. 167
D- <u>Les étapes de la déglaciation</u>	p. 168
1- Le mouvement des lobes glaciaires.....	p. 168
2- Datation et vitesse de recul.....	p. 169
<u>Conclusion</u>	p. 170

XIII : Potentiel économique des eskers de la région..... p. 172

A- <u>Les ressources en gravier</u>	p. 173
B- <u>Les sources d'eau de bonne qualité</u>	p. 175
C- <u>Le potentiel d'aménagement récréatif</u>	p. 178
D- <u>La prospection alluvionnaire</u>	p. 178

XIV : Conclusions générales..... p. 180

A- <u>Brève synthèse</u>	p. 181
B- <u>Discussion sur les techniques utilisées</u>	p. 183
1- La photointerprétation.....	p. 183
2- Les observations sédimentologiques.....	p. 183
3- Les techniques quantitatives.....	p. 184

Bibliographie..... p. 185

Liste des photos..... p. 193

Liste des figures..... p. 201

Liste des tableaux..... p. 203

Table des matières..... p. 204

Annexe; matrices de la seconde analyse factorielle..... p. 211

ANNEXE

Matrices de la seconde analyse factorielle

ROW 1	0.87977	-0.44970	0.14063	0.20384	0.51919	0.67124	0.23545	0.26185	0.24288	0.47315
	0.19060	0.47932	0.16975	0.34095	0.27381	0.39387	0.29060	0.14460	0.18468	0.15416
	0.17817	0.11464	0.08379							
ROW 2	-0.44970	0.76840	0.05593	0.00642	-0.07968	-0.20354	-0.18346	0.04974	-0.35063	-0.27563
	0.20247	-0.12153	0.15468	-0.39135	-0.31036	-0.09200	0.05330	0.04612	0.15049	-0.01173
	-0.11157	0.12741	0.25366							
ROW 3	0.14063	0.05593	0.69636	0.32067	0.44587	-0.06078	0.06017	0.18939	-0.33259	0.01557
	-0.28948	0.12262	0.49455	0.06459	0.13956	0.34780	0.32010	0.09208	0.24143	0.43745
	0.52733	0.39617	0.36866							
ROW 4	0.20384	0.00642	0.32067	0.88206	0.82795	0.13684	0.25351	0.41102	-0.35698	-0.03600
	-0.46527	0.42298	0.31539	-0.04079	0.47068	0.62387	0.57228	0.25520	0.38468	0.44705
	0.33161	0.34829	0.41929							
ROW 5	0.51919	-0.07968	0.44587	0.82795	0.93842	0.29076	0.31742	0.37202	-0.30376	0.16748
	-0.29586	0.47306	0.40835	-0.05661	0.50210	0.67625	0.71713	0.39250	0.50600	0.52677
	0.42103	0.47341	0.43729							
ROW 6	0.67124	-0.20354	-0.06078	0.13684	0.29076	0.78333	0.14349	0.19960	0	
	0.21887	0.56286	-0.12647	0.30773	0.26544	0.19331	0.08906	0.03840	-0	
	-0.10463	0.01692	-0.00406							

ROW 7	0.23545	-0.18346	0.06017	0.25351	0.31742	0.14349	0.54659	-0.00575	0.31128	-0.10102
	0.09460	-0.01829	0.09112	-0.22362	0.19775	0.21705	0.35626	0.35334	0.36431	0.05226
	0.12895	0.08657	-0.11535							
ROW 8	0.26185	0.04974	0.18939	0.41102	0.37202	0.19960	-0.00575	0.53073	-0.05188	0.18117
	-0.06121	0.13743	0.22208	0.14239	0.35222	0.25184	0.09263	-0.09366	-0.00240	0.28098
	0.01083	0.23560	0.21795							
ROW 9	0.24288	-0.35063	-0.33259	-0.35698	-0.30376	0.20391	0.31126	-0.05188	0.71011	0.00338
	0.50656	-0.27018	-0.21569	-0.02834	-0.08335	-0.30680	-0.29780	-0.21776	-0.28179	-0.39814
	-0.31969	-0.35453	-0.47255							
ROW 10	0.47315	-0.27543	0.01557	-0.03600	0.16748	0.34113	-0.10705	0.18117	0.00338	0.53787
	-0.07043	0.40305	-0.05463	0.37973	0.08765	0.06817	0.01453	0.01677	-0.07762	0.05393
	-0.03413	0.12095	0.07698							
ROW 11	0.19060	0.20247	-0.28948	-0.46527	-0.29586	0.21887	0.09460	-0.06121	0.50656	-0.07043
	0.80719	-0.22721	-0.13715	-0.28150	-0.34769	-0.29604	-0.22330	-0.15114	-0.19493	-0.33334
	-0.31183	-0.25427	-0.35055							
ROW 12	0.47932	-0.12153	0.12262	0.42298	0.47306	0.56286	-0.01829	0.13743	-0.27018	0.40305
	-0.22721	0.87374	0.03246	0.15148	0.13433	0.21703	0.29346	0.24022	0.19422	0.21096
	0.32554	0.24243	0.43833							
ROW 13	0.16975	0.15468	0.49455	0.31539	0.40835	-0.12647	0.09112	0.22208	-0.21569	-0.05463
	-0.13715	0.03246	0.85982	-0.03529	0.04125	0.30591	0.26900	-0.04987	0.41983	0.04586
	0.14660	0.29685	0.42823							
ROW 14	0.34095	-0.39135	0.06459	-0.04079	-0.05661	0.30773	-0.22362	0.14239	-0.02834	0.37973
	-0.28150	0.15148	-0.03529	0.83202	0.17249	0.36170	-0.01382	-0.04898	-0.02448	0.04375
	0.00229	-0.04181	-0.02580							
ROW 15	0.27381	-0.31036	0.13956	0.47068	0.50210	0.26544	0.19775	0.35222		
	-0.34769	0.13433	0.04125	0.17249	0.72450	0.45218	0.30595	0.16442		
	0.02969	0.22860	0.13522							
ROW 16	0.39387	-0.09200	0.34780	0.02387	0.67625	0.19331	0.21705	0.25184		
				0.25170	0.45218	0.87311	0.67716	0.38860		

	0.32226	0.23196	0.23150						
ROW 17									
	0.29060	0.05330	0.32010	0.57228	0.71713	0.08906	0.35626	0.09263	-0.29780
	-0.22330	0.29346	0.26900	-0.01382	0.30595	0.67716	0.93006	0.81863	0.79995
	0.49618	0.60955	0.40225						0.01453
									0.61724
ROW 18									
	0.14460	0.04612	0.09208	0.25520	0.39250	0.03840	0.35334	-0.09366	-0.21776
	-0.15114	0.24022	-0.04987	-0.04898	0.16442	0.38860	0.81863	0.97556	0.82214
	0.48737	0.46786	0.19234						0.01677
									0.51764
ROW 19									
	0.18458	0.15049	0.24143	0.38468	0.50600	-0.03605	0.36431	-0.00240	-0.28179
	-0.19493	0.19422	0.41983	-0.02448	0.23845	0.48413	0.79995	0.82214	0.96513
	0.45309	0.46597	0.37781						-0.07762
									0.40886
ROW 20									
	0.15416	-0.01173	0.43745	0.44705	0.52677	0.02770	0.05226	0.28098	-0.39814
	-0.33334	0.21096	0.04586	0.04375	0.41664	0.42861	0.61724	0.51764	0.40886
	0.52111	0.71486	0.58495						0.05393
									0.85514
ROW 21									
	0.17817	-0.11157	0.52733	0.33161	0.42103	-0.10463	0.12895	0.01083	-0.31969
	-0.31183	0.32554	0.14660	0.00229	0.02969	0.32226	0.49618	0.48737	0.45309
	0.71531	0.30857	0.33699						-0.03413
									0.52111
ROW 22									
	0.11464	0.12741	0.39617	0.34829	0.47341	0.01692	0.08657	0.23560	-0.35453
	-0.25427	0.24243	0.29685	-0.04181	0.22860	0.23196	0.60955	0.46786	0.46597
	0.30857	0.93153	0.77984						0.12095
									0.71486
ROW 23									
	0.08379	0.25366	0.36866	0.41929	0.43729	-0.00406	-0.11535	0.21795	-0.47255
	-0.35055	0.43833	0.42823	-0.02980	0.13522	0.23150	0.40225	0.19234	0.37781
	0.33699	0.77984	0.94528						0.07698
									0.58495
EIGENVALUES									
	6.91426	2.93209	1.98173	1.42834	1.39593	1.03717	0.91351	0.82384	
	0.26307	0.22757	0.20063	0.05074	0.00676	-0.00377	-0.01791	-0.03272	
	-0.09070	-0.11326	-0.13312						

ONLY THE POSITIVE EIGENVALUES AND ASSOCIATED VECTORS WILL BE USED IN THE FOLLOWING COMPUTATION

CUMULATIVE PROPORTION OF TOTAL VARIANCE

VARIABLE 1	0.39536	0.77324	-0.11231	0.19386	0.20046	-0.22624	0.07762	-0.04565	-0.03567
	-0.03244	-0.00567	-0.13947	-0.00186	-0.01541				
VARIABLE 2	-0.02209	-0.00547	0.03712	0.28968	0.32330	0.12078	-0.23713	0.32664	0.21599
	0.08900	0.01729	0.08296	-0.05882	-0.01138				-0.00573
VARIABLE 3	0.52330	-0.16507	0.23793	0.15599	-0.09830	-0.34840	0.15871	-0.22831	0.25755
	0.14823	-0.12202	0.15981	-0.03219	0.00154				0.02408
VARIABLE 4	0.74629	0.03506	0.10686	0.25293	-0.26810	0.29833	-0.25879	-0.10724	-0.02273
	-0.10195	0.14795	0.06947	0.03573	-0.01367				0.01135
VARIABLE 5	0.86572	0.18680	-0.02887	0.29049	-0.08339	0.11434	-0.11678	-0.13363	0.03558
	-0.06489	-0.10262	-0.04165	0.00411	-0.03921				-0.14756
VARIABLE 6	0.18125	0.73574	-0.02981	0.09202	0.31879	0.13701	-0.11699	0.08815	0.07325
	0.12435	-0.10045	0.11205	0.03500	-0.00908				0.20761
VARIABLE 7	0.24403	0.13782	-0.57261	0.20796	-0.15135	0.03987	0.07463	-0.17428	-0.13616
	0.00803	0.01342	0.17579	-0.09070	0.00361				0.05755
VARIABLE 8	0.31291	0.21159	0.28326	0.33002	-0.05201	0.19449	0.16815	0.14485	0.13627
	0.11306	0.27390	0.03012	0.01427	0.01527				-0.15322
VARIABLE 9	-0.45649	0.42734	-0.40517	0.19220	-0.01287	-0.02455	0.29359	-0.10732	-0.10213
	-0.05643	0.15051	0.05995	-0.02452	0.00243				0.07888
VARIABLE 10	0.13656	0.49287	0.23537	-0.17256	0.24943	-0.10056	0.04330	0.05530	-0.07817
	-0.01335	-0.03640	0.03865	-0.08859	0.00424				-0.34261
VARIABLE 11	-0.44354	0.15584	-0.42419	0.37149	0.41405	-0.04284	0.11907	0.12115	0.28
	-0.03801	-0.00063	-0.10107	0.02107	0.00796				
VARIABLE 12	0.49401	0.38296	0.21438	-0.12926	0.43917	0.06998	-0.42015	-0.22653	-0.10

VARIABLE 12									
0.49401	0.38256	0.21438	-0.12926	0.43917	0.06998	-0.42015	-0.22653	-0.10160	0.05118
0.05300	0.03297	0.01779	0.01460	0.03200					
VARIABLE 13									
0.40993	-0.19723	0.16404	0.56482	-0.07249	-0.49658	0.00262	0.07404	-0.23391	-0.02139
0.04772	-0.01899	-0.02568	0.06127	0.02539					
VARIABLE 14									
0.10817	0.50019	0.33798	-0.39147	-0.18379	-0.33084	0.05351	0.37774	0.02980	0.11277
-0.01523	0.11055	0.10093	0.02081	-0.01948					
VARIABLE 15									
0.47079	0.30986	0.04908	0.02523	-0.38548	0.36504	0.18420	0.10321	-0.10975	0.05161
0.22574	-0.12275	-0.11876	-0.01561	0.01547					
VARIABLE 16									
0.71223	0.19476	-0.05093	0.04069	-0.35574	-0.10211	-0.15252	0.28580	0.20711	0.08567
-0.19166	-0.05436	-0.02810	-0.07273	0.02608					
VARIABLE 17									
0.85064	-0.09722	-0.38708	-0.07503	0.01955	-0.01150	-0.02733	0.12435	0.03361	-0.03890
-0.16238	-0.05243	0.03970	0.06373	0.01443					
VARIABLE 18									
0.62535	-0.14974	-0.59371	-0.40996	0.14513	0.02345	-0.04180	0.10931	-0.00535	-0.10186
0.07755	0.04653	0.04467	0.00527	0.01721					
VARIABLE 19									
0.71563	-0.23261	-0.46025	-0.05384	0.02924	-0.21425	-0.09713	0.21813	-0.21105	0.02077
0.19088	0.07823	-0.09577	-0.01466	-0.02668					
VARIABLE 20									
0.73790	-0.14407	0.07889	-0.22058	0.05206	0.21487	0.37287	-0.03825	0.23891	0.04267
0.01385	0.00828	-0.08937	0.00584	0.00363					
VARIABLE 21									
0.57904	-0.16156	-0.07123	-0.24474	0.00099	-0.26244	-0.02593	-0.41519	0.24287	0.04542
0.05088	0.13798	-0.05731	0.00215	-0.00318					
VARIABLE 22									
0.69745	-0.24921	0.10646	-0.03041	0.34255	0.10053	0.43682	0.06729	-	
-0.08509	-0.06604	0.14738	0.05763	-0.00630					
VARIABLE 23									
0.44565	-0.29092	0.40179	0.07310	0.39018	0.02852	0.12892	-0.00169	-	

TABLE 20 0.40192	0.11253	0.54907	0.24790	0.12232
TABLE 21 0.52270	0.01214	0.54228	0.12248	0.11390
TABLE 22 0.33959	0.19781	0.43284	0.25528	-0.22257
TABLE 23 0.71354	0.21816	0.23775	0.35014	-0.27812

FACTOR MATRIX

VARIABLE 1	0.27630	0.78139	0.18700	0.29145	0.15465
VARIABLE 2	0.26571	-0.28037	-0.00457	0.04043	-0.04234
VARIABLE 3	0.33044	-0.03024	0.18813	0.46283	0.01445
VARIABLE 4	0.17595	0.05457	0.35454	0.71999	0.16619
VARIABLE 5	0.09298	0.29035	0.49887	0.72709	0.07785
VARIABLE 6	-0.25043	0.73381	0.01626	0.10263	0.08304
VARIABLE 7	-0.47384	-0.00359	0.44515	0.26990	-0.03275
VARIABLE 8	0.05773	0.23423	-0.05688	0.51067	0.04243
VARIABLE 9	-0.70889	0.15118	-0.18132	-0.18033	-0.03618
VARIABLE 10	0.11964	0.58597	-0.07323	-0.03921	0.21065
VARIABLE 11	-0.55138	0.15963	-0.14274	-0.22328	-0.54431
VARIABLE 12	0.31839	0.69382	0.20364	0.11134	0.04331
VARIABLE 13	0.13388	-0.08176	0.04500	0.07813	-0.26761
VARIABLE 14	0.14352	0.34196	-0.12200	-0.03113	0.64011
VARIABLE 15	-0.03692	0.12183	0.21432	0.45344	0.44894
VARIABLE 16	0.03625	0.09775	0.46139	0.55647	0.37761
VARIABLE 17	0.12100	0.09434	0.87454	0.31692	0.00834
VARIABLE 18	0.06870	0.05433	0.96255	-0.14358	0.01613
VARIABLE 19					

(110, 5F10.5)

1	-0.40920	-1.40891	-0.11717	-0.72070	0.18945
2	-0.34403	-0.86859	0.09281	-0.97127	-0.05298
3	-1.01233	-0.08034	0.00248	-0.51847	0.35441
4	-0.62611	-0.19994	-0.12135	0.04183	0.90983
5	-0.38505	0.74030	-0.38035	-0.91501	-1.65829
6	-0.37193	-0.21303	-0.38472	-0.78401	-1.12105
7	-0.45951	0.35253	-0.31711	-0.83902	-0.94900
8	-2.02932	0.35424	0.02881	-0.78375	-1.77723
9	-0.89850	-0.02355	-0.11297	-0.14094	-0.28712
10	-0.61029	-0.31146	-0.21773	-0.57525	-1.40399
11	-0.55126	0.29472	-0.02510	1.47923	-0.12407
12	0.15264	-0.12493	-0.59028	-0.34050	-0.55957
13	0.63544	0.00245	1.00860	-0.68640	0.51306
14	0.26069	0.32013	5.40715	-0.68739	-0.01959
15	2.69605	1.20451	-0.14456	1.65866	-1.35090
16	1.14926	-1.32350	-0.14181	1.00429	-1.54755
17	-1.78629	-0.59092	0.47440	4.06133	-0.06859
18	-1.02796	0.65809	-0.00408	0.61530	0.17535
19	1.20327	0.85328	-0.25836	0.56709	-0.16158
20	1.34499	0.42945	-0.04147	0.42870	-1.04778
21	-0.68067	0.78626	-0.31686	-0.43163	0.25214
22	0.30823	1.22358	-0.72346	-0.70785	1.49445
23	-0.31089	0.47051	-0.33593	-0.52458	0.57803
24	0.53751	-0.65746	0.12834	0.67177	1.08393
25	0.69032	0.55537	0.21009	0.45685	1.06361
26	0.11656	0.62753	-0.60469	0.00923	1.99837
27	1.11375	-1.44485	0.07653	-0.09356	0.67633
28	1.36932	1.75772	-0.25106	-0.36923	-0.30312
29	-1.24167	1.07570	-0.13614	0.68339	0.69401
30	0.13121	-1.38935	-0.21925	0.36733	1.28248
31	-0.64391	1.82410	-0.33532	-0.04797	0.66769
32	0.52445	-1.60043	-0.57959	-0.36940	-0.44852
33	0.36265	-1.45226	-0.25346	-0.16916	0.00047
34	0.31704	-1.53022	-0.36244	-0.48635	-0.22758
35	0.46607	0.18930	-0.45400	-0.87596	1.17485